



УДК 631.372:631.51

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-94-101

Н.И. Селиванов, А.В. Кузнецов, Н.В. Кузьмин

N.I. Selivanov, A.V. Kuznetsov, N.V. Kuzmin

ТИПОРАЗМЕРЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ И СОСТАВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ АГРОЗОНЫ

WHEELED TRACTOR STANDARD SIZES AND THE RANGE OF TILLAGE EQUIPMENT FOR EAST SIBERIAN AGRICULTURAL ZONE

Ключевые слова: агрозона, агрегат, длина гона, параметр-адаптер, критерий ресурсосбережения, типоразмерный ряд, трактор.

Цель работы – обоснование типоразмерного ряда колесных тракторов и состава почвообрабатывающих агрегатов для природно-производственных условий Восточно-Сибирской агрозоны с характерной структурой и распределением площади пашни по 4 природным зонам (тайга, подтайга, лесостепь, степь), включающим пять классов длины гона от 200 до 1500 м. Основу технического обеспечения операционных технологий почвообработки и посева зерновых составляют мобильные тяговые агрегаты на базе энергонасыщенных колесных 4к4 тракторов с регулируемыми параметрами. Адаптерами к производственным условиям приняты удельные, отнесенные к единице чистой производительности, параметры: мощность $N_{y\delta}^*$ и массу $m_{y\delta}$ трактора, ширину агрегата $B_{y\delta}$. Обобщенные параметры-адаптеры агрегата и трактора к природно-производственным условиям характеризуют оптимальные значения чистой производительности W^* и потребной мощности N_{ep}^* для разных классов длины гона при ширине захвата B_p^* и эксплуатационной массе m_3^* . В условиях дефицита квалифицированных механизаторов, роста заработной платы и стоимости техники критерий оптимизации представляет уровень прямых эксплуатационных затрат $C_3^* = 1,05 * C_{3min}$. Каждому классу длины гона соответствуют два смежных типоразмера трактора для операций основной (верхний) и предпосевной (нижний) обработки почвы с оптимальной шириной захвата рабочих машин. Одновременно верхний типоразмер трактора является нижним для последующего класса длины гона. Общий ряд включает пять типоразмеров эксплуатационной мощностью от $N_{ezmir}^* = 113-135$ кВт при

$l_r = 200-300$ м до $N_{ezmax}^* = 275-320$ кВт для $l_r > 1000$ м. При использовании в качестве критерия оптимизации приведенных затрат $C_{\Gamma}^* = 1,05 * C_{\Gamma min}$ оптимальные типоразмеры тракторов для каждого класса длины гона уменьшаются до уровня, соответствующего предшествующему классу. Из ряда исключается максимальный и вводится дополнительный минимальный типоразмер $N_{ezmir}^* = 93-113$ кВт. Эту структуру типоразмерного ряда колесных тракторов следует положить в основу формирования инновационного тракторного парка агрозоны с учетом финансово-трудовых ресурсов сельских товаропроизводителей.

Keywords: agricultural zone, tillage implement, run length, adapter parameter, resource conservation criterion, standard size range, tractor.

The research goal is to substantiate the standard-size range of wheeled tractors and the range of tillage implements for the natural and production conditions of the East Siberian agro-zone with a specific structure and distribution of arable land over four natural zones (taiga, sub-taiga, forest-steppe, steppe), including five classes of run length from 200 to 1500 m. The basis of the technical support of operational technologies for tillage and sowing of cereals is made up of mobile traction units based on powerful wheeled 4w4 tractors with adjustable parameters. The adapters to the production conditions were taken to be specific, referred to the unit of net productivity, parameters: capacity $N_{y\delta}$ and tractor weight $m_{y\delta}$, implement width $B_{y\delta}$. Generalized parameters-adapters of the implement and the tractor to natural production conditions characterize the optimal values of net productivity W^* and required power N_{ep}^* for different run-length classes at working width B_p^* and operating weight m_3^* . In the context of the shortage of

qualified machine operators, increase in wages and the costs of equipment, the optimization criterion represents the level of direct operating costs $C_3^* = 1.05 * C_{3min}$. Each run-length class corresponds to two standard tractor sizes for main (upper) and pre-sowing (lower) tillage operations with the optimal working width. At the same time, the upper standard size of the tractor is the lower one for the next run-length class. The general range includes five standard sizes with operating power from $N_{езmin}^* = 113-135$ kW at $l_r = 200-300$ m to $N_{езmax}^* = 275-320$ kW for $l_r > 1000$ m.

When used as a criterion for optimization of the reduced costs $C_{fl}^* = 1.05 * C_{flmin}$ optimal tractor sizes for each run-length class are reduced to the level corresponding to the previous class. The maximum is excluded from the range and an additional minimum standard size is introduced $N_{езmin}^* = 93 - 113$ kW. This standard-size range of wheeled tractors should be taken as the basis for the formation of innovative tractor fleet in the agricultural zone taking into account the financial and labor resources of crop growers.

Селиванов Николай Иванович, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: zaprudskii@list.ru.

Кузнецов Александр Вадимович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru.

Кузьмин Николай Владимирович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: kusmin_nikolai@mail.ru.

Selivanov Nikolay Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: zaprudskii@list.ru.

Kuznetsov Aleksandr Vadimovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: kuznetsov1223@yandex.ru.

Kuzmin Nikolay Vladimirovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: kusmin_nikolai@mail.ru.

Введение

Красноярский край считается основным сельскохозяйственным регионом Восточно-Сибирской агрозоны Сибирского федерального округа. При средней площади пашни 1845 тыс. га [1, 2] на его долю приходится более 60% объемов производства зерновых с достигнутой урожайностью 32,0 ц/га, 45% картофеля и овощей, за счет внедрения адаптированных к природно-производственным условиям технологий и технических средств их возделывания. Характерной особенностью региона агрозоны является структура и распределение площади пашни по четырем природным зонам (агрорландшафтам) с разными типами почв и классами длины гона [2] от 200 до 1500 м. Поэтому проблема технического перевооружения отрасли растениеводства, с учетом природных условий и тенденций улучшения потребительских свойств тракторов и рабочих машин, приобрела особую актуальность.

Приоритетное направление решения проблемы формирования инновационного парка включает [3, 4] оптимизацию структуры типоразмерного ряда колесных 4к4 тракторов и состава агрегатов для реализации совокупности технологических операций разной энергоемкости при воздействии основных природных факторов, нарастающем дефиците высококвалифицированных механизаторов и росте их оплаты труда, а также стремлении хозяйств к повышению эффективности производства.

Цель работы – обоснование типоразмерного ряда колесных тракторов и состава скоростных почвообрабатывающих посевных агрегатов для природно-производственных условий Восточно-Сибирской агрозоны.

Объект исследования – параметры-адаптеры скоростных почвообрабатывающих агрегатов и тракторов к природно-производственным условиям эксплуатации.

Достижение цели работы обеспечивает решение **задач**:

1) установить влияние природно-производственных факторов на характеристики удельного тягового сопротивления скоростных почвообрабатывающих машин;

2) определить оптимальные по критериям ресурсосбережения удельные и обобщенные параметры-адаптеры тракторов и почвообрабатывающих агрегатов к природным зонам эксплуатации;

3) обосновать рациональный типоразмерный ряд колесных тракторов и состав агрегатов для операционных технологий почвообработки и посева в условиях агрозоны.

Условия и методы исследования

При решении поставленных задач использованы методология и результаты моделирования [3, 4] параметров-адаптеров агрегатов с учетом влияния природно-производственных факторов и достигнутого уровня технического обеспечения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве.

Основу технического обеспечения ресурсосберегающих операционных технологий почвообработки и посева зерновых представляют мобильные тяговые агрегаты в составе энергонасыщенных колесных 4к4 тракторов установленной классификацией типоразмеров и рабочих машин с регулируемыми эксплуатационными параметрами и шириной захвата соответственно.

Основными факторами воздействия природно-производственных условий на параметры трактора, состав и показатели использования агрегата являются [4]: характеристика удельного тягового сопротивления агрегата (рабочей машины) $K_0 * \mu_{KH}$, определяющая номинальное значение рабочей скорости V_H^* ; показатели тягово-сцепных свойств трактора $\eta_T = f(\varphi_{кр})$, устанавливающие условия его функционирования в зоне максимального тягового КПД $\bar{\eta}_{Tmax}$ при номинальном коэффициенте использования веса $\bar{\varphi}_{крн}$; класс длины гона l_g , определяющий оптимальное значение чистой производительности агрегата на конкретной операции W^* по установленному критерию ресурсосбережения.

Адаптацию трактора и агрегата к операционным технологиям характеризуют взаимосвязанные удельные, отнесенные к единице чистой производительности, параметры: мощность $N_{уд}$ (кДж/м²), ширина $B_{уд}$ (с/м), а также масса $m_{уд}$ (кг/кВт) при номинальной скорости V_H^* независимо от класса длины гона:

$$\begin{cases} N_{уд}^* = K_0 * \mu_{KH} / \bar{\eta}_{Tmax} ; \\ m_{уд}^* = 10^3 * \bar{\eta}_{Tmax} / \varphi_{крн} * V_H^* * g ; \\ B_{уд}^* = 1 / V_H^* . \end{cases} \quad (1)$$

Коэффициент, учитывающий возрастание удельного тягового сопротивления K_0 рабочих машин $\mu_K = [1 + \Delta K(V - V_0)]$ с повышением скорости от $V_0 = 1,4$ м/с до V_H^* , имеет одинаковую линейную зависимость $\Delta K = (aV + \epsilon)$ при постоянных a и ϵ [5-7] для разных типов почв.

Обобщенные параметры-адаптеры агрегата и трактора к природно-производственным условиям представляют оптимальные, по установленным критериям ресурсосбережения, взаимосвязанные значения чистой производительности W^* и потребной мощности $N_{ер}^*$ для разных классов длины гона при соответствующих ширине захвата B_p^* и эксплуатационной массе $m_э^*$

$$\begin{cases} N_{ер}^* = N_{уд}^* * W^* = W^* * K_0 * \mu_{KH} / \bar{\eta}_{Tmax} ; \\ B_p^* = N_{ер}^* / N_{уд}^* * V_H^* = W^* B_{уд}^* ; \\ m_э^* = m_{уд}^* * N_{ер}^* = m_{уд}^* * N_{уд}^* * W^* . \end{cases} \quad (2)$$

Критерий оптимизации представляет компромиссный уровень прямых $C_э$ или приведенных $C_{п}$ удельных эксплуатационных затрат, удовлетворяющий противоречивым требованиям высокой производительности агрегата и ресурсосбережения. При этом характер зависимостей $C_э, C_{п} = f(W)$ для однотипных агрегатов и одинаковых классов длины гона на разных почвах остается неизменным.

Результаты исследования

Основная часть пашни агрозоны занята выщелочными черноземами (67,3%) и лесными почвами (25,2%) [1, 4]. По гранулометрическому составу почвы преимущественно тяжелосуглинистые с небольшой мощностью гумусового горизонта. Вся площадь пашни распределена по четырем природным зонам (степь – 15,1%, лесостепь – 63,7, подтайга – 13,2 и тайга – 8,0%) с характерными классами длины гона (табл. 1) и типами почв. Лесостепная зона с тяжелыми почвами и длиной гона от 600 до 1200 м является основной.

По результатам оценки почвенных условий и паспортизации полей [1-6] основных природных зон, полевых испытаний агрегатов на базе тракторов К-735С и Беларус 1523 установлено существенное влияние типа почвы на удельное тяговое сопротивление K_0 скоростных плугов ПСКу, четырехрядных дискаторов БДМ4, почвообрабатывающих посевных комплексов «Кузбас», «Томь» и других машин при $\mu_{Ki} = idem$. Увеличение \bar{K}_0 рабочих машин в подтаежной и таежной зонах, по сравнению с лесостепной, составляет 10 и 13%. На средних почвах при $l_g = 1000-1500$ м его уменьшение достигает 13%.

Удельная мощность трактора $N_{уд}^*$ для операционных технологий на разных типах почв определяется в основном величиной удельного тягового сопротивления рабочей машины (агрегата) $K_0 * \mu_{KH}$ при $\bar{\eta}_{Tmax} \approx idem$ (табл. 2).

Её снижение на операциях почвообработки второй, третьей групп и посева, по сравнению с отвальной вспашкой, составляет, соответственно, 40,56 и 55%. На ранневесеннем бороновании – 85%. При этом значения $m_{уд}^*$ и $B_{уд}^*$ обрат-

но пропорциональны скорости V_H^* и не зависят от типа почв.

По результатам моделирования и полевых испытаний пахотных агрегатов [5] в составе Беларусь-1523 + ППО5/6-35 и К-735 + ПСКУ-8 установлены зависимости $\Pi, C_{\Sigma}, C_{\Pi} = f(W, N_{\text{ер}})$ при средней для региона и агрозоны длине гона $\bar{l}_Г = 600-1000$ м и $N_{\text{уд}}^* = 20,02$ кДж/м² (рис.). Минимуму $C_{\Pi\text{min}}$ соответствуют $W_{C_{\Pi\text{min}}} = 4,0$ м²/с и

$N_{\text{ер}C_{\Pi\text{min}}} = 80$ кВт, обеспечивающие эксплуатационную производительность $\Pi_{C_{\Pi\text{min}}} = 1,254$ га/ч при коэффициенте использования времени смены $\tau = 0,871$. Для $C_{\Sigma\text{min}} \approx 1,006C_{\Pi\text{min}}$ значения обобщенных параметров-адаптеров возросли до $W_{C_{\Sigma\text{min}}} = 5,0$ м²/с и $N_{\text{ер}C_{\Sigma\text{min}}} = 100$ кВт, обеспечив увеличение Π до 1,521 га/ч (+21,3%) при $\tau = 0,845$.

Таблица 1

Удельное тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин в природных зонах Восточной Сибири (фон – стерня колосовых, влажность 16-18%)

Природная зона	$\bar{l}_Г$, м	Типы почв	F, %	\bar{K}_O , кН/м		
				ПСКУ ($\bar{h}=0,21-0,22$ м)	БДМ4 ($\bar{h}=0,14-0,18$ м)	АПП, ПК, БДМ ($\bar{h}=0,06-0,12$ м)
Степь	1000-1500	Средние	15,1	10,29	6,01	4,20
Лесостепь	1000-1200	Тяжелые	38,3	11,45	6,80	4,75
Лесостепь	600-1000	Тяжелые	25,4	11,45	6,80	4,75
Подтайга	400-600	Особо тяжелые	13,2	12,60	7,50	5,25
Тайга	200-400	-//-	8,0	13,02	7,50	5,38

Таблица 2

Рациональные тягово-скоростные режимы и удельные параметры-адаптеры скоростных почвообрабатывающих агрегатов (фон – стерня колосовых)

Группа операций почвообработки	$V_H^* \pm \Delta V$, м/с	μ_{KH}	$\frac{\varphi_{\text{крн}}}{\bar{\eta}_{T\text{max}}}$	$m_{\text{уд}}^*$, г/кВт	$B_{\text{уд}}^*$, с/м	$N_{\text{уд}}^*$, кДж/м ²			
						степь	лесостепь	подтайга	тайга
1. Отвальная вспашка ПСКУ ($\bar{h} = 0,21-0,22$ м)	2,50±0,2	1,155	$\frac{0,40-0,41}{0,660}$	67,3	0,400	18,01	20,02	22,05	22,79
2. Безотвальная комбинированная обработка БДМ4 ($\bar{h} = 0,14-0,18$ м)	2,80±0,3	1,165	$\frac{0,39-0,40}{0,660}$	61,6	0,357	10,61	12,00	13,24	13,59
3. Поверхностная комбинированная обработка АПП, БДМ ($\bar{h} = 0,06-0,12$ м), прямой посев ПК	3,33±0,3	1,228	$\frac{0,37-0,38}{0,658}$	61,6*	0,300	7,83	8,86	9,79	10,04
4. Предпосевная обработка и посев ПК «Кузбас» ($\bar{K}_O = 5,10 \pm 0,06$ кН/м)	2,80±0,3	1,147	$\frac{0,36-0,37}{0,640}$	61,6-67,3*	0,357	9,08	9,14	9,20	9,26
5. Боронование (закрытие влаги) борона БТ ($\bar{K}_O = 1,64 \pm 0,03$ кН/м)	3,30±0,3	1,192	$\frac{0,36-0,37}{0,640}$	61,6-67,3*	0,300	3,00	3,06	3,10	3,10

Примечание. *На сдвоенных колесах.

Общепринятое компромиссное условие $C_{\Pi}^* = 1,05 * C_{\Pi\text{min}}$ обеспечивает $W_{\text{ср}}^* = 8,23$ м²/с, $N_{\text{ер}C_{\Pi}}^* = 165$ кВт, $\Pi_{\text{ср}}^* = 2,281$ га/ч (+81,8%), снижение затрат на оплату труда, эквивалентное приросту Π и $\tau = 0,770$ [6-7]. Для второго компромиссного условия $C_{\Sigma}^* = 1,05 * C_{\Sigma\text{min}}$

($C_{\Pi} = 1,08 * C_{\Pi\text{min}}$) $W_{\text{ср}}^* = 10,09$ м²/с, $N_{\text{ер}C_{\Sigma}}^* = 202$ кВт, $\Pi_{\text{ср}}^* = 2,644$ га/ч (+108,5%) и $\tau = 0,728$.

Аналогичные закономерности получены для других классов длины гона и операционных технологий почвообработки. С уменьшением длины

гона повышение производительности Π^* в интервале $(C_{\Pi}^* - C_{\Sigma}^*)$, из-за снижения τ , несколько ниже при существенном возрастании удельных затрат за счет увеличения расходования средств на оплату труда. На операциях основной обработки почвы второй и третьей групп, предпосевной обработке, посеве и ранневесеннем бороновании снижение удельных затрат обусловлено сокращением расходов на оплату труда и топлива.

Таким образом, в указанном интервале $(C_{\Pi}^* - C_{\Sigma}^*)$ темпы роста эксплуатационной производительности на порядок выше увеличения минимальных удельных эксплуатационных затрат, что позволяет в современных условиях функционирования сельских товаропроизводителей, при дефиците квалифицированных механизаторских кадров и росте оплаты труда, рекомендовать рациональные диапазоны чистой производительности агрегатов и потребной мощности тракторов в пределах $(W_{СП}^* - W_{СЭ}^*)$ и $(N_{ерСП}^* - N_{ерСЭ}^*)$.

Установленные по результатам моделирования рациональные диапазоны обобщенных параметров-адаптеров агрегатов и колесных тракторов для разных природных зон и групп операций (табл. 3) позволили, с учетом незначительного отличия и занятости, обосновать средние значения потребной мощности $\bar{N}_{ер}^* \in (\bar{N}_{ерСП}^* - \bar{N}_{ерСЭ}^*)$ на операциях основной (1-3) и (предпосевной 4-5) обработки почвы при разных классах длины гона. Общие диапазоны изменения $(\bar{N}_{ерСП}^* - \bar{N}_{ерСЭ}^*)$ ограничены $\bar{N}_{ерmin}^* = 113-149$ кВт (89-115 кВт) при $l_{Г} = 200-300$ м и $\bar{N}_{ерmax}^* = 227-289$ кВт (177-224 кВт) для $l_{Г} > 1000$ м. Меньшие значения $\bar{N}_{ер}^*$ соответствуют критерию ресурсосбережения C_{Π}^* , а большие – C_{Σ}^* при равных (0,76-0,79) соотношениях $\lambda \bar{N}_{ер}^* = \bar{N}_{ерСП}^* / \bar{N}_{ерСЭ}^*$ в каждом классе длины гона и на указанных условных группах операций основной (1) и предпосевной (2) обработки почвы $\lambda \bar{N}_{ер2/1}^* = \bar{N}_{ерСП2}^* / \bar{N}_{ерСП1}^*$.

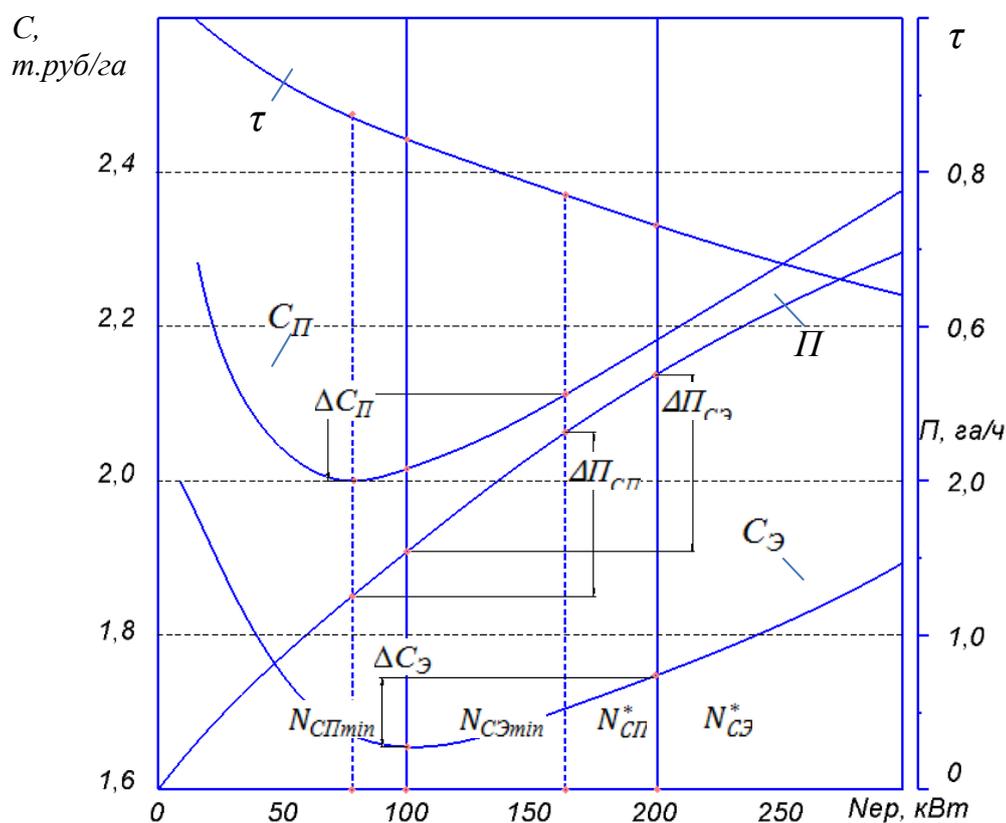


Рис. Зависимости производительности Π , прямых C_{Σ} и приведенных C_{Π} эксплуатационных затрат скоростного пахотного агрегата от потребной мощности $N_{ер}$ колесного 4к4 трактора ($l_{Г} = 600-1000$ м)

Рациональные типоразмеры колесных тракторов для характерных классов длины гона и соответствующих природных зон установлены с учетом [4] интервала $N_{\text{еэmin}}^* (\bar{N}_{\text{еп}}^*) - N_{\text{еэmax}}^* (\bar{N}_{\text{еп}}^* / \xi_{\bar{N}}^*)$ при коэффициенте использования мощности $\xi_{\bar{N}}^* = 0,82-0,88$ по критерию ресурсосбережения $C_{\text{Э}}^*$ (табл. 4). Каждому классу длины гона (природной зоне) соответствуют два

установленных классификацией смежных типоразмера ($N_{\text{еэmin}}^* - N_{\text{еэmax}}^*$) для операций основной (верхний) и предпосевной (нижний) обработки почвы с регулируемой массой $m_{\text{Э}}^*$, их базовые модели отечественного производства и оптимальная ширина захвата $B_{\text{Р}}^*$ рабочих машин. Общий ряд включает пять типоразмеров мощности (5-9), используемых в тяговых классах (3-8).

Таблица 3

Рациональные диапазоны обобщенных параметров-адаптеров скоростных почвообрабатывающих агрегатов и колесных тракторов для природных зон Восточной Сибири при ($C_{\text{П}}^* - C_{\text{Э}}^*$)

Группа операций	Параметр-адаптер	Класс длины гона \bar{l}_{Γ} , м и природная зона					
		200-300 тайга	300-400 тайга	400-600 под-тайга	600-1000 лесостепь	>1000	
						лесостепь	степь
1	W , м ² /с	5,04-6,20	6,40-7,83	7,04-8,65	8,32-10,09	11,53-13,95	
	$N_{\text{еп}}^*$, кВт	115-141	146-178	155-191	165-202	231-279	204-242
2	W , м ² /с	8,47-11,49	9,82-13,27	11,02-14,69	13,64-18,52	19,61-25,75	
	$N_{\text{еп}}^*$, кВт	115-156	134-180	146-194	164-222	235-309	211-278
3	W , м ² /с	10,95-14,90	13,32-17,97	16,64-22,20	19,20-25,60	24,62-31,89	
	$N_{\text{еп}}^*$, кВт	110-150	134-180	163-217	170-227	218-283	193-250
1-3	$\bar{N}_{\text{еп}}^*$, кВт	113-149	138-180	155-202	166-217	227-289	202-256
4	W , м ² /с	9,72-12,63	11,30-14,78	12,61-16,41	15,75-20,57	20,35-26,15	
	$N_{\text{еп}}^*$, кВт	90-117	104-136	116-151	144-188	186-239	183-235
5	W , м ² /с	28,38-37,10	31,29-40,97	34,19-44,52	44,12-57,19	54,9-71,24	
	$N_{\text{еп}}^*$, кВт	88-114	97-127	106-138	135-175	168-218	165-214
4-5	$\bar{N}_{\text{еп}}^*$, кВт	89-115	101-132	111-145	140-182	177-229	174-225

При $l_{\Gamma} > 1000$ трактор мощностью $N_{\text{еэ}}^* = 275-320$ кВт и массой 16940-18508 кг для операций (1-3) основной обработки почвы соответствует типоразмеру 8.9 на отвальной вспашке и 6.9 – на безотвальной комбинированной обработке. Перевод из типоразмера 6.9 в 8.9 производится установкой балласта массой $m_{\text{Б}}^* = 1568$ кг или соответствующей догрузкой другими устройствами [4, 8]. Для предпосевной обработки почвы и посева предназначен трактор типоразмера 6.8 мощностью $N_{\text{еэ}}^* = 230-275$ кВт и массой $m_{\text{Э}}^* = 15480$ кг.

Среднему по агрозоне классу длины гона $\bar{l}_{\Gamma} = 600-1000$ м также соответствуют два типоразмера трактора. Верхний типоразмер 6.8 для основной обработки почвы по массоэнергетическим параметрам ($N_{\text{еэ}}^* = 230-275$ кВт и $m_{\text{Э}}^* = 15480$ кг) соответствует нижнему при $l_{\Gamma} > 1000$. Нижний типоразмер 5.8 ($N_{\text{еэ}}^* = 195-230$ кВт) с регулируемой в пределах 12010-13125 кг массой используется, соответственно, на предпосевной обработке и посевах, являясь одновременно верхним уровнем при $l_{\Gamma} = 400-600$ м.

Аналогично формируются типоразмеры тракторов для других классов длины гона (природных зон).

При использовании в качестве критерия ресурсосбережения приведенных эксплуатационных затрат C_{Γ}^* оптимальные типоразмеры тракторов для каждого класса длины гона уменьшаются до уровня, соответствующего предшествующему классу. Так, при $l_{\Gamma} > 1000$ оптимальными являются типоразмеры 6.8 и 5.8, установленные для $l_{\Gamma} = 600-1000$ м по критерию C_{Σ}^* . Аналогичное смещение оптимальных типоразмеров характерно для прочих классов длины гона. Из

типоразмерного ряда в этом случае исключается типоразмер 8.9 мощностью $\bar{N}_{\text{ез}}^* = 275-320$ Вт и вводится дополнительный минимальный типоразмер 2.4* с $\bar{N}_{\text{ез}}^* = 93-113$ кВт для $l_{\Gamma} = 200-300$ м. Общее количество мощностных разрядов (4-8) и тяговых классов (2-6) остается неизменным.

Представленный типоразмерный ряд колесных тракторов может быть положен в основу формирования инновационного тракторного парка для Восточно-Сибирской агрозоны с учетом финансово-экономических и трудовых ресурсов сельских товаропроизводителей.

Таблица 4

Типоразмерный ряд колесных тракторов и состав почвообрабатывающих агрегатов для природных условий Восточно-Сибирской агрозоны

Природная зона и длина гона, м	Группа операций	$\bar{N}_{\text{ез}}^*$, кВт	\bar{m}_{Σ}^* , кг	Типоразмер	B_{Γ}^* , м	Базовая модель трактора
Степь, лесостепь, >1000	1	275-320	18508	8.9	5,50	K-742 RSM-2400
	2;3		16940	6.9	8,18; 9,31	
	4;5	230-275	15480	6.8	8,98; 22,54	K-735 RSM-2375
Лесостепь, 600-1000	1	230-275	15480	6.8	4,60	
	2;3		14170		6,84; 7,79	
Подтайга, 400-600	1	195-230	13125	5.8	7,62; 19,12	K-424 MT3-3000
	2;3		12010		3,54	
	4;5	160-195	10770	4.7	6,21; 15,48	
Тайга, 300-400	1	160-195	10770	4.7	2,81	MT3-1500/2000
	2;3		9855		4,20; 4,78	
	4;5	135-160	9085	3.6	5,20; 13,06	
Тайга, 200-300	1	135-160	9085	3.6	2,37	MT3-1200/1500
	2;3		8315		3,55; 4,03	
	4;5	113-135	7605	3.5	3,6; 10,94	
	1;4;5* 2;3	93-113	6260 5730	2.4*	1,63; 3,59; 9,0 2,44; 2,78	

Выводы

1. Установлено распределение площади пашни в регионах Восточной Сибири по природным зонам с разными классами длины гона и типами (средние, тяжелые, особо тяжелые) почв, существенно влияющими на величину удельного тягового сопротивления скоростных почвообрабатывающих машин K_0 с неизменной зависимостью его от скорости.

2. Определены оптимальные по критериям ресурсосбережения тягово-скоростные режимы,

диапазоны удельных и обобщенных параметров-адаптеров скоростных почвообрабатывающих и посевных агрегатов на базе колесных тракторов к природным зонам эксплуатации.

3. Обоснован рациональный по критериям ресурсосбережения C_{Σ}^* , C_{Γ}^* двухпараметрический ряд колесных 4к4 тракторов из восьми (2.4-8.9) типоразмеров, включающих шесть тяговых классов (2-8) и разрядов (4-9) эксплуатационной мощности, который следует положить в основу формирования инновационного парка

Восточно-Сибирской агрозоны с учетом природно-производственных условий сельских товаропроизводителей.

Библиографический список

1. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: руководство / под общей редакцией С. В. Брылева – Красноярск: Красноярский НИИСХ, 2015. – 224 с. – Текст: непосредственный.

2. Ильина, Е. А. Современное состояние сельского хозяйства в регионах Сибирского Федерального округа / Е. А. Ильина, М. Ф. Тяпкина, Е. О. Доманова. – Текст: электронный // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2020. – № 2 (62). – С. 19. – ISSN 1999-2645. – Номер статьи: 6219 (дата публикации: 05.06.2020). – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43039775>.

3. Селиванов, Н. И. Типоразмеры колесных тракторов для зональных условий / Н. И. Селиванов, В. В. Аверьянов. – Текст: непосредственный // Вестник Омского ГАУ. – 2020. – № 3 (39). – С. 87-94.

4. Селиванов, Н. И. Моделирование параметров трактора и состава почвообрабатывающего агрегата с учетом влияния природно-производственных факторов / Н. И. Селиванов, В. В. Аверьянов, Д. В. Уштык. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 9. – С. 119-126.

5. Параметры-адаптеры колесных тракторов / Н. И. Селиванов, В. В. Аверьянов, В. Н. Запрудский [и др.]. – Текст: непосредственный / IOP Conference Series IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Т. 548. – С. 062009. – doi: 10.1088/1755-1315/548/6/062009.

6. Зангиев, А. А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, Г. П. Лышко, А. Н. Скороходов. – Москва: Колос, 1996. – 320 с. – Текст: непосредственный.

7. Самсонов, В. А. Оптимальная энергонасыщенность сельскохозяйственного трактора / В. А. Самсонов, Ю. Ф. Лачуга. – Текст: непо-

средственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 11. – С. 13-16.

8. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г. М. Кутьков. – Москва: Колос, 2004. – 504 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Sistema zemledeliia Krasnoiarskogo kraia na landshaftnoi osnove: rukovodstvo / pod obshchei redaktsiei S.V. Bryleva – Krasnoiarsk: Krasnoiarskii NIISKh, 2015. – 224 s.

2. Ilina, E.A. Sovremennoe sostoianie selskogo khoziaistva v regionakh Sibirskogo Federalnogo okruga / E.A. Ilina, M.F. Tiapkina, E.O. Domanova // Regionalnaia ekonomika i upravlenie: elektronnyi nauchnyi zhurnal. – No. 2 (62). Nomer stati: 6219. Data publikatsii: 05.06.2020.

3. Selivanov, N.I. Tiporazmery kolesnykh traktorov dlia zonalnykh uslovii / N.I. Selivanov, V.V. Averianov // Vestnik Omskogo GAU. – 2020. – № 3 (39). – S. 87-94.

4. Selivanov N.I. Modelirovanie parametrov traktora i sostava pochvoobrabatyvaiushchego agregata s uchetom vliianiia prirodno-proizvodstvennykh faktorov / N.I. Selivanov, V.V. Averianov, D.V. Ushtyk // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 9. – S. 119-126.

5. Selivanov N.I. Parametry-adaptery kolesnykh traktorov / N.I. Selivanov, V.V. Averianov, V.N. Zaprudskii, A.V. Kuznetsov, Iu.N. Makeeva / Zhurnal IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 548 (2020) 062009 doi:10.1088/1755-1315/548/6/062009.

6. Zangiev A.A. Proizvodstvennaia ekspluatatsiia mashinno-traktornogo parka / A.A. Zangiev, G.P. Lyshko, A.N. Skorokhodov. – Moskva: Kolos, 1996. – 320 s.

7. Samsonov, V.A. Optimalnaia energonasyschennost selskokhoziaistvennogo traktora / V.A. Samsonov, Iu.F. Lachuga // Traktory i selkhoz mashiny. – 2015. – No. 11. – S. 13-16.

8. Kutkov, G.M. Traktory i avtomobili. Teoriia i tekhnologicheskie svoistva / G.M. Kutkov. – Moskva: Kolos, 2004. – 504 s.

