

- смесителя: дис. ... канд. техн. наук. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2007. – 146 с.
3. *Алешкин В.Р., Рошин П.М.* Механизация животноводства. – М: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
 4. Пат. РФ №2486761. Способ приготовления кормового продукта / *Доценко С.М., Крючкова Л.Г.* Оpubл. в Б.И. № 19 от 10.07.2013 г.
 5. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
 2. *Krjuchkova L.G.* Sovershenstvovanie processa raboty dozirujushhe-vygruznyh ustrojstv shnekovogo tipa bunkernogo razdatchika-smesitelja: dis. ... kand. tehn. nauk. – Blagoveshensk: Izd-vo Dal'GAU, 2007. – 146 s.
 3. *Aleshkin V.R., Roshhin P.M.* Mehanizacija zhivotnovodstva. – M: Agropromizdat, 1985. – 336 s.
 4. Pat. RF №2486761. Sposob prigotovlenija kormovogo produkta / *Docenko S.M., Krjuchkova L.G.* Opubl. v B.I. № 19 ot 10.07.2013 g.
 5. *Ventcel' E.S.* Teorija verojatnostej. – M.: Nauka, 1964. – 576 s.

Literatura

1. *Kombikorma, kormovye dobavki i ZCM dlja zhivotnyh: spravochnik / pod red. V.A. Krohinoj.* – M.: Agropromizdat, 1990. – 304 s.

УДК 629.114.2

*Н.И. Селиванов, В.С. Романов,
В.Н. Запрудский*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНО-ПРОПАШНЫХ ТРАКТОРОВ СЕРИИ «БЕЛАРУС 1221» В ЗОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЧВООБРАБОТКИ

*N.I. Selivanov, V.S. Romanov,
V.N. Zaprudsky*

THE USE OF UNIVERSAL TILLING TRACTORS OF THE SERIES "BELARUS 1221" IN ZONAL TECHNOLOGIES OF SOIL PROCESSING

Селиванов Н.И. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Романов В.С. – магистрант каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: vova_romanov_00@mail.ru

Запрудский В.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zaprudskii@listl.ru

Selivanov N.I. – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: info@kgau.ru

Romanov V.S. – Magistrate Student, Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: vova_romanov_00@mail.ru

Zaprudsky V.N. – Cand. Techn.Sci., Assoc. Prof., Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: zaprudskii@listl.ru

Проведен анализ состояния и перспективы обновления парка универсально-пропашных тракторов в агропромышленном комплексе Красноярского края. Установлено существенное расширение в последние годы рынка колесных тракторов серии «Беларус 1221» мощностью 96-105 кВт, которые в ближайшей перспективе должны составить основу мобильных энергетических средств 2,0 тягового

класса. Для повышения эффективности адаптации разных модификаций тракторов этой серии к зональным технологиям почвообработки по результатам моделирования и эксперимента обоснованы рациональные тягово-скоростные диапазоны использования и оптимальные значения основного показателя технологичности – удельной массы на операциях основной обработки почвы разных по

энергоёмкости групп. В диапазоне рабочих скоростей от 3,0 до 3,8 м/с на операциях третьей группы наивысшие показатели агрегата обеспечиваются при удельной массе $m_{y03}^* = 52 - 53$ кг/кВт, соответствующей базовой комплектации трактора на одинарных колесах. В скоростном диапазоне 2,0–3,0 м/с на более энергоёмких операциях первой и второй групп удельная масса должна быть повышена до $m_{y02}^* = 58 - 59$ кг/кВт и $m_{y01}^* = 65 - 66$ кг/кВт соответственно. С учетом уровня и эффективности реализации мощности тракторного двигателя в условиях вероятностного характера тяговой нагрузки указанное достигается установкой съемного балласта общей массой от 635 до 745 кг при рациональном ее распределении по осям трактора. Рекомендуемая изготовителем установка балластных грузов массой 510 кг впереди остова снижает эффективность использования трактора при рабочей скорости выше 3,0 м/с за счет повышенного расхода топлива на его передвижение.

Ключевые слова: адаптация, балластирование, диапазон, удельная масса, эффективность.

The analysis of the state and prospect of updating of park universal tilling tractors in agrarian and industrial complex of Krasnoyarsk Region is carried out. Essential expansion of the market of wheel tractors of the 96–105 kW Belarus 1221 series which in short term have to make a basis of mobile power means 2.0 traction classes has been established in recent years. For the increase of efficiency of adaptation of different modifications of tractors of this series to zone technologies of a tillage by the results of modeling and experiment rational traction and high-speed ranges of use and optimum values of the main indicator of technological effectiveness – specific weight on operations of the main processing of the soil of groups, different in power consumption, are proved. In the range of working speeds from 3.0 to 3.8 m/s on operations of the third group the highest indicators of the unit are provided with a specific mass of kg/kW, the corresponding basic complete set of a tractor on unary wheels. In the high-speed range of 2.0–3.0 m/s on more power-intensive operations of the first and second groups specific weight has to be increased to kg/kW and kg/kW respectively. Taking into account the level and efficiency of realization of power

of the tractor engine in the conditions of probabilistic character of traction loading the specified is reached by installation of removable ballast with a lump from 635 to 745 kg at its rational distribution on tractor axes. The installation of ballast freights weighing 510 kg recommended by the manufacturer ahead of a skeleton reduces the efficiency of using a tractor at a working speed over 3.0 m/s due to increased fuel consumption on its movement.

Keywords: adaptation, ballasting, range, specific weight, efficiency.

Введение. В составе тракторного парка АПК Красноярского края 45 % колесных тракторов фирмы «Беларус». Среди них 200 тракторов серии «Беларус 1221» разных модификаций, доля которых к 2025 г. достигнет 10–12 % от общей численности машин этой фирмы [1]. Универсально-пропашной трактор «Беларус-1221» имеет улучшенную классическую компоновку с двигателем Д-260.2S (ММЗ) мощностью 96–100 кВт или TCD20122VL 06(DEUTZ) – 104,6 кВт при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n_n = 2100$ мин⁻¹ и коэффициентом приспособляемости $K_M = 1,15 - 1,25$ в зависимости от модификации, последовательное рядное расположение агрегатов трансмиссии с управляемыми передними колесами диаметром на 30 % меньше диаметра задних. Трансмиссия (сцепление, коробка передач и задний мост) выполнены в одном блоке и жестко соединены с двигателем. При такой компоновке с продольной базой $L = 2,76$ м до 60–70 % массы трактора в статическом положении приходится на задние ведущие колеса. Эксплуатационная масса трактора базовой комплектации без балласта разных модификаций изменяется от 5100 (1221Т.2) до 5730 кг (1221.4). Для улучшения тягово-сцепных свойств на энергоёмких операциях впереди остова трактора устанавливают балластные грузы массой до 1025 кг [2].

Тракторы серии «Беларус 1221» широко используются в зональных технологиях основной обработки почвы, которые разделены по агротехническим и энергетическим требованиям на следующие группы [3–5]:

1 – отвальная вспашка и глубокое рыхление на глубину 0,21–0,23 и 0,40–0,50 м при номинальной рабочей скорости $V_{H1}^* = 2,20 \pm 0,20$ м/с;

2 – послеуборочная безотвальная комбинированная обработка (сплошная культивация) и

чизелевание на глубину 0,14–0,16 и 0,20–0,30 м в диапазоне $V_{H2}^* = 2,70 \pm 0,30$ м/с;

3 – послеуборочная поверхностная обработка (лущение стерни), предпосевная обработка, обработка на глубину 0,06–0,12 м и посев по нулевой технологии при $V_{H3}^* = 3,30 \pm 0,30$ м/с.

Неоднозначные рекомендации изготовителя и ограниченный опыт эксплуатации новых модификаций этих тракторов снижает эффективность их использования в составе почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения.

Цель исследования: повышение эффективности использования тракторов серии «Беларус 1221» на операциях почвообработки разных групп.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1) обосновать рациональные соотношения эксплуатационных режимов и параметров трактора для эффективного использования на операциях почвообработки разных групп;

2) определить условия балластирования тракторов разных модификаций при использовании в зональных технологиях почвообработки.

Материалы и методы исследования. При решении поставленных задач использованы технические характеристики трактора базовой комплектации разных модификаций, модели и алгоритм оптимизации эксплуатационных параметров для операций почвообработки разных групп.

Зависимости буксования движителей δ , тягового КПД η_T и его составляющих (КПД трансмиссии η_{TP} и КПД сопротивления качению η_f) от коэффициента использования веса трактора φ_{KP} получены по результатам тяговых испытаний трактора [3–5]:

$$\begin{cases} \delta = a \cdot \varphi_{KP} / (b - \varphi_{KP}); \\ \eta_T = \eta_{TP} \left[\frac{\varphi_{KP}}{(\varphi_{KP} + f)} \right] \left[\left[1 - \frac{a \varphi_{KP}}{b - \varphi_{KP}} \right] \right], \end{cases} \quad (1)$$

где a, b – эмпирические коэффициенты.

$$\begin{cases} \xi_{Ni}^* = -0,964 + 1,80 \cdot K_M - 0,40 \cdot K_M^2 + 0,023 / v_{MCi}; \\ m_{Эi}^* = \xi_{Ni}^* \cdot N_{э} \cdot m_{yoi}^*; \\ P_{KPHi}^* = m_{Эi}^* \cdot g \cdot \varphi_{KPHi}. \end{cases} \quad (3)$$

Эффективное использование трактора с заданной характеристикой двигателя ($N_{э}, K_M$) на разных по энергоёмкости операционных технологиях в обоснованных тяговом ($\varphi_{KPmin} - \varphi_{KPmax}$) и скоростном ($V_{H3}^* - V_{H1}^*$) диапазонах обеспечивается соответственным регулированием и рациональным распределением по осям эксплуатационной массы за счет установки разного количества съёмных балластных грузов для оптимизации основного показателя технологичности – удельной массы. Оптимальное значение удельной массы трактора $m_{yoi}^*, кг/кВт$, для каждой группы операций почвообработки при номинальной скорости V_{Hi}^* и соотношении $\eta_{THi} / \varphi_{KPHi}$ определялось как [5]

$$m_{yoi}^* = \eta_{THi} \cdot 10^3 / g \cdot \varphi_{KPHi} \cdot V_{Hi}. \quad (2)$$

Для уменьшения интервала изменения удельной и соответственно эксплуатационной массы трактора при балластировании номинальные значения коэффициента φ_{KPHi} определялись из условий: на операциях третьей группы $\varphi_{KPH3} = \varphi_{KPOpt}$ при максимальной величине тягового КПД η_{Tmax} ; на операциях первой и второй групп соответственно $\varphi_{KPH1} = \varphi_{KPMax}$ при допустимом буксовании δ_δ и $\varphi_{KP2} \approx 0,5 \cdot (\varphi_{KPMax} + \varphi_{KPOpt})$.

Коэффициент использования мощности двигателя ξ_N^* в условиях вероятностного характера момента сопротивления на валу, эксплуатационная масса $m_{Э}^*$ и номинальное тяговое усилие P_{KPH} трактора для операций почвообработки каждой группы при коэффициентах вариации v_{MC} и приспособляемости K_M рассчитывались с использованием следующих зависимостей [3]:

Обоснование условий рационального балластирования трактора на операциях почвообработки первой и второй групп проводилось с учетом установленного значения абсциссы центра масс $a_{ц}$ и ее относительной величины $A_{ц} = a_{ц} / L$, радиусов задних $r_{\delta K}$ и передних $r_{\delta П}$ колес, $\lambda_{ПП} = Y_{П} / G_{Э} = 0,32$, коэффициен-

та $f = 0,10$ и высоты линии тяги над q опорной поверхностью $h_{KP} = 0,40$ м [6], определяющих соотношение реакции почвы на передние $Y_{ПСТ}$ и задние Y_{KCT} колеса неподвижного трактора при $P_{KP} = P_f = 0$ для технологий почвообработки (рис. 1).

$$\begin{cases} a_{цi} = \lambda_{ПП} \cdot L + h_{KP} \cdot \phi_{KPH} + 0,5 \cdot f \cdot (r_{\delta K} + r_{\delta П}); \\ A_{цi}^* = a_{цi} / L = \lambda_{ПП} + [h_{KP} \cdot \phi_{KPH} + 0,5 \cdot f \cdot (r_{\delta K} + r_{\delta П})] / L, \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} Y_{ПСТ} = m_{Э}^* \cdot g \cdot A_{ц}; \\ Y_{KCT} = m_{Э}^* \cdot g \cdot (1 - A_{ц}). \end{cases} \quad (5)$$

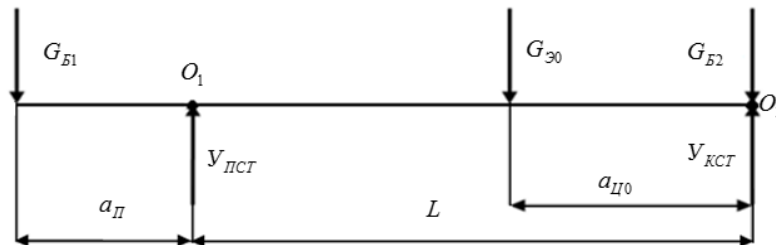


Рис. 1. Расчетная схема определения массы переднего и заднего балластов трактора

Применительно к трактору базовой комплектации весом $G_{Э0} = m_{Э0} \cdot g$ с абсциссой центра масс $A_{Ц0} = a_{Ц0} / L$ и $A_{П} = (a_{П} + L) / L$, массы переднего $m_{Б1i}^*$ и

заднего $m_{Б2i}^*$ балластов для получения эксплуатационной массы $m_{Эi}^*$, адаптированной к технологии почвообработки определенной группы, определяли как [6]

$$\begin{cases} m_{Б1i} = m_{Эi} - m_{Э0}; \\ m_{Б1i}^* = (m_{Эi}^* \cdot A_{Цi} - m_{Э0} \cdot A_{Ц0}) / A_{П}; \\ m_{Б2i}^* = (m_{Эi}^* - m_{Э0}) - (m_{Эi}^* \cdot A_{цi} - m_{Э0} \cdot A_{ц0}) / A_{н}. \end{cases} \quad (6)$$

С учетом установленной взаимосвязи $\eta_T = f(\phi_{KP})$ параметры тягово-динамической характеристики трактора $N_{KPi}, V_i = f(P_{KP})$ для каждой величины $m_{Эi}^*$ рассчитывались как

$$\begin{cases} V = \eta_T \cdot 10^3 / g \cdot \phi_{KP} \cdot m_{y\delta}^*; \\ N_{KP} = m_{Э}^* \cdot \eta_T / m_{y\delta}^*. \end{cases} \quad (7)$$

Результаты исследования и их обсуждение. По результатам моделирования получены зависимости $\eta_T, \delta = f(\phi_{KP})$ (рис. 2), позво-

лившие обосновать оптимальный тяговый диапазон трактора, ограниченный режимами работы $\phi_{KPH3} = \phi_{KPOpt} = 0,380$ при максимальном тяговом КПД $\eta_{Tmax} = 0,643$ и $\delta_{opt} = 0,110$ для выполнения операций почвообработки третьей группы и $\phi_{KPH1} = \phi_{KPmax} = 0,450$ с допустимым буксованием $\delta_0 = 0,150$ при $\eta_T = 0,634$ для наиболее энергоемких операций первой группы. На операциях второй группы $\eta_T = 0,641$ и $\phi_{KP2} \approx 0,5 \cdot (\phi_{KPmax} + \phi_{KPOpt}) = 0,410$ и (табл. 1).

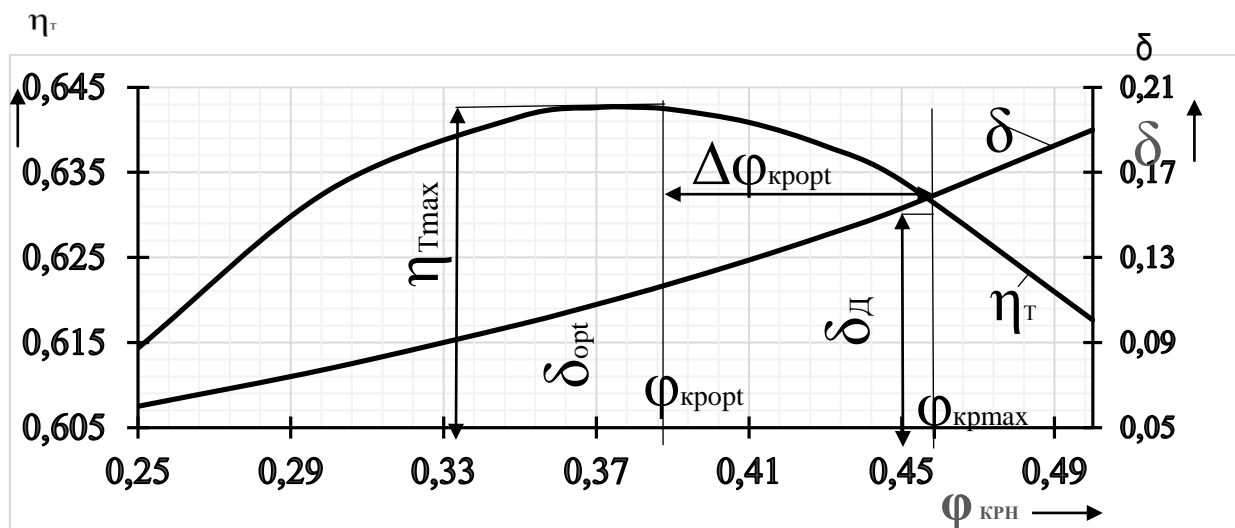


Рис. 2. Зависимости тягового КПД и буксования трактора от коэффициента использования веса

Указанному тяговому диапазону, при установленных номинальных значениях $\varphi_{кпн}$ для каждой группы операций почвообработки, соответствует интервал изменения удельной массы от максимальной $m_{y\delta 1}^* = 65,28$ кг/кВт до минимальной $m_{y\delta 3}^* = 52,23$ кг/кВт (рис. 3). Их соотно-

шение $\lambda m_{y\delta max}^* = m_{y\delta 1}^* / m_{y\delta 3}^* = 1.25$ не превышает максимально допустимое увеличение минимальной удельной массы $m_{y\delta 3}^*$ за счет балластирования, обеспечивая рациональный тягово-скоростной диапазон при $\lambda V_{max} = V_{H3}^* / V_{H1}^* = 1.50$ и $\lambda P_{кпн} = P_{кпн 1} / P_{кпн 3} = 1.33$.

Таблица 1

Тягово-скоростные режимы и параметры трактора «Беларус 1221» для разных групп операций почвообработки

Группа операций	$\varphi_{кпн}$	$\eta_{тн}$	V_H , м/с	$m_{y\delta}^*$, кг/кВт	v_{MC}	K_M	ξ_N^*
1	0,45	0,634	2,20	65,28	0,08	1,15	0,865
						1,25	0,949
2	0,41	0,641	2,70	59,01	0,06	1,15	0,960
						1,25	1,044
3	0,38	0,643	3,30	52,23	0,06	1,15	0,960
						1,25	1,044

При установленных значениях коэффициента v_{MC} (см. табл. 1) и $K_M = 1,15$ оптимальная эксплуатационная масса трактора «Беларус 1221.2» мощностью $N_{э} = 96$ кВт на операциях первой и второй группы практически одинакова (5441 кг) и превышает базовую массу для операций третьей группы на 625 кг.

Оснащение трактора двигателем с $K_M = 1,25$ приводит к увеличению базовой массы до 5237 кг, что соответствует ее фактическому значению (5220 кг) без балласта (табл. 2). Потребная масса балласта для операций первой и второй

групп повышается до 680 кг, что вполне достижимо.

Рациональное распределение веса трактора по осям в статике и номинальном тяговом режиме $Y_{пст} / Y_{пн}$ и $Y_{кст} / Y_{кн}$ для разных технологий почвообработки, рассчитанное по (4) и (5), приведено в таблице 2. Адаптация трактора базовой комплектации к технологиям почвообработки первой и второй групп достигается установкой переднего съемного балласта массой 425–455 кг = 10·45 кг и двух кольцевых грузов по 91 кг на дисках задних колес.

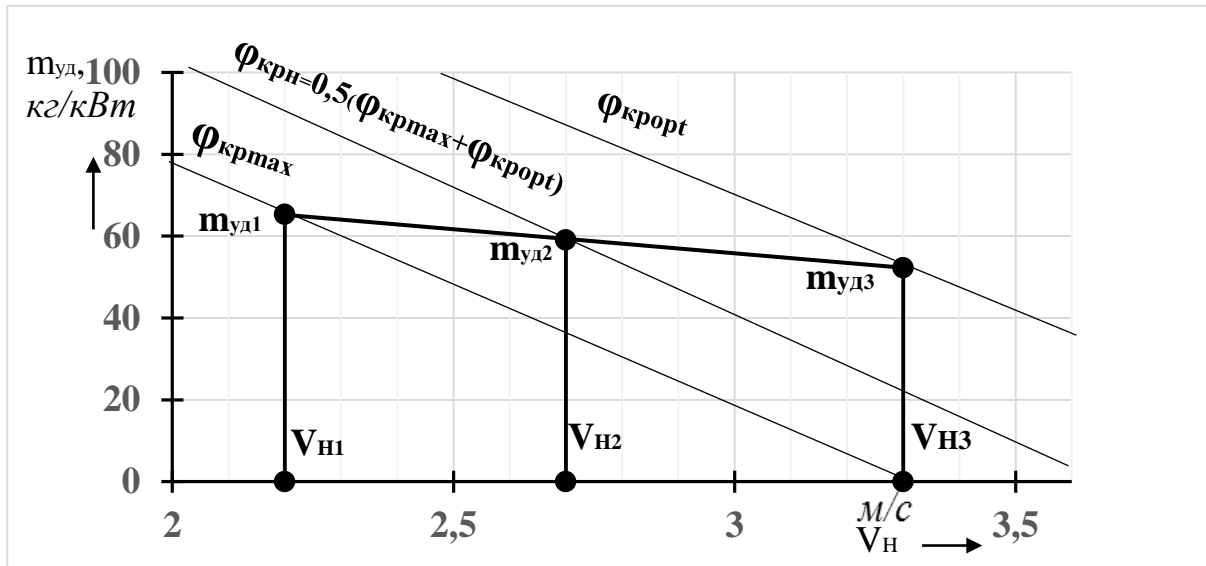


Рис. 3. Влияние номинальной скорости рабочего хода на удельную массу трактора

Таблица 2

Рациональное балластирование трактора для технологий почвообработки ($N_{\text{ез}}=96$ кВт)

Группа операций	$A_{\text{Ц}}^*$	K_M	$A_{\text{ПР}}$	$m_{\text{Э}}^*$, кг	$Y_{\text{ПСТ}}^* / Y_{\text{ПН}}$, кН	$Y_{\text{КСТ}}^* / Y_{\text{КН}}$, кН	$m_{\text{Б}}^*$, кг	$m_{\text{Б1}}^*$, кг	$n_{\Gamma 1}$, шт.	$m_{\text{Б2}}^*$, кг	$n_{\Gamma 2}$, шт.
1	0,407	1,15	1,145	5441	21,73/17,08	31,64/36,29	625	425	10–45	200	2–91
		1,25	1,145	5917	23,63/18,57	34,41/39,47	680	450	10–45	230	2–91
2	0,401	1,15	1,145	5441	21,42/17,08	31,95/36,29	625	425	10–45	200	2–91
		1,25	1,145	5917	23,29/18,57	34,74/39,47	680	450	10–45	230	2–91
3	0,396	1,15	1,145	4816	18,75/15,11	28,48/32,12	0	0	0	0	0
		1,25	1,145	5237	20,39/16,43	30,97/34,93	0	0	0	0	0

Таблица 3

Рациональные тягово-скоростные диапазоны использования трактора в технологиях почвообработки

Группа операций	K_M	$m_{\text{Э}}^*$, кг	$P_{\text{КРmin}} - P_{\text{КРmax}}$, кН	$P_{\text{КРН}}$, кН	$(V_{\text{max}} - V_{\text{min}})$, м/с	$(N_{\text{крmax}} - N_{\text{крmin}})$, кВт	$N_{\text{кр}}$, кВт
1	1,15	5441	23,40–26,60	25,00	2,40–2,00	58,80–57,60	58,20
	1,25	5917	26,60–30,00	28,30		63,59–60,99	62,29
2	1,15	5441	18,90–23,40	21,15	3,00–2,40	59,20–59,60	59,40
	1,25	5917	21,10–26,60	23,85		64,42–63,59	64,00
3	1,15	4816	15,10–18,90	17,00	3,80–3,00	59,08–58,92	59,00
	1,25	5237	16,90–21,10	19,00		65,07–64,20	63,63

Параметры потенциальных тягово-динамических характеристик трактора «Беларус 1221.2» с оптимальными значениями эксплуатационной массы для операций почвообработки разных групп (табл. 3, рис. 4) позволили обосновать рацио-

нальные тяговые диапазоны его использования на разных по энергоёмкости операциях почвообработки и подтвердить целесообразность предлагаемых технических решений по балластированию.

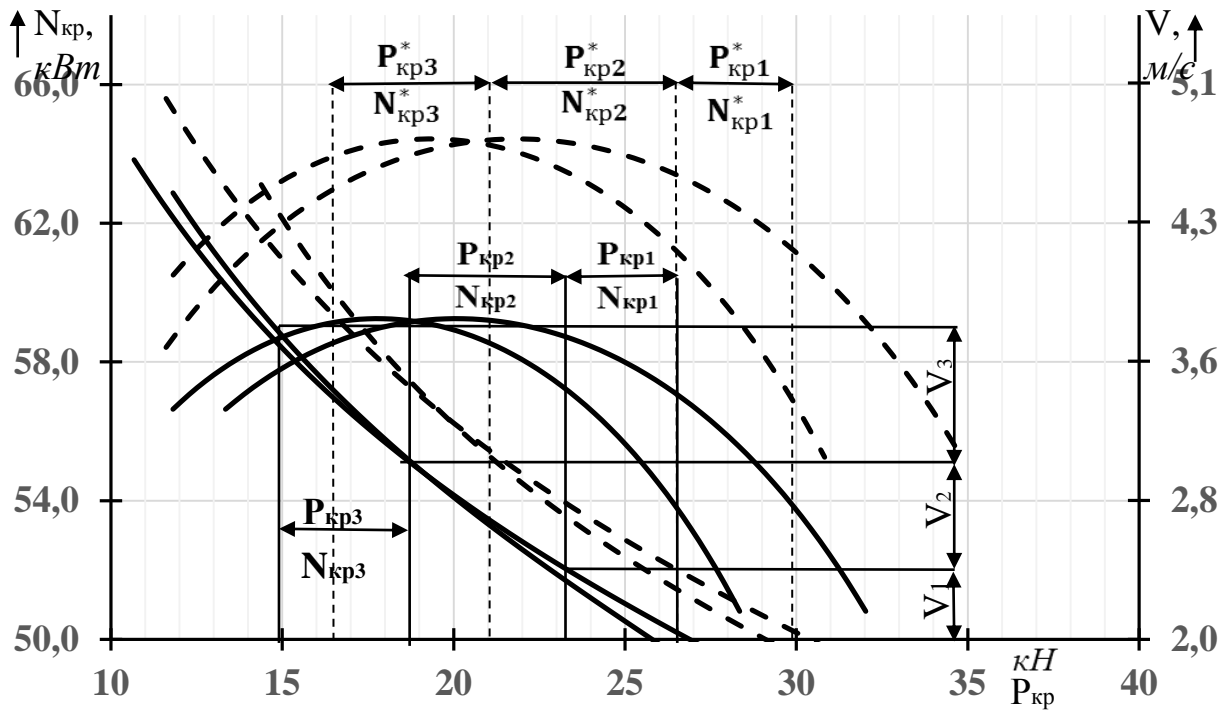


Рис. 4. Потенциальные тягово-динамические характеристики трактора с оптимальными значениями эксплуатационной массы для операций почвообработки разных групп:
 ————— $K_M = 1,15$; - - - - - $K_M = 1,25$

При $K_M = 1,15$ и $m_{Э_{1/2}}^* = 5441$ кг трактор соответствует второму тяговому классу на операциях первой и второй групп с $P_{крH_1} = 25,0$ и $P_{крH_2} = 21,15$ кН. На операциях третьей группы с $m_{Э_3}^* = 4816$ кг и $P_{крH_3} = 17,00$ кН он переходит в тяговый класс 1,4. Повышение K_M до 1,25 смещает диапазон номинальных тяговых усилий трактора в сторону увеличения до 19,0–28,3 кН, что позволяет использовать его на операциях почвообработки всех групп во втором

тяговом классе с возможностью перехода в третий класс на операциях первой группы. Повышение тяговой мощности при этом на всех операциях составляет 7–8 %.

Полученные зависимости оптимальных значений эксплуатационной массы для операций почвообработки разных групп от энергетического потенциала (рис. 5) позволили дать оценку технологического уровня тракторов серии «Беларус 1221» разных модификаций.

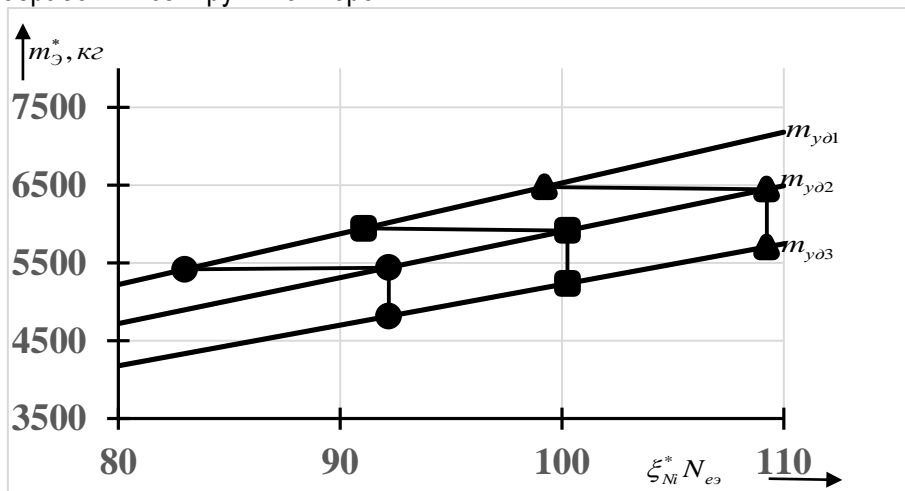


Рис. 5. Зависимость эксплуатационной массы трактора от энергетического потенциала:
 ● – $N_{e9} = 96$ кВт, $K_M = 1,15$; ■ – $N_{e9} = 96$ кВт, $K_M = 1,25$; ▲ – $N_{e9} = 104,6$ кВт, $K_M = 1,25$

Превышение минимального и максимального значений эксплуатационной массы серийных модификаций трактора «Беларус 1221» мощностью 96 кВт и $K_m=1,15$, полученных по результатам моделирования, составляет в среднем 280–290 кг. Указанное свидетельствует о недостаточной эксплуатационной мощности двигателя, поэтому на операциях третьей группы дополнительные затраты топлива на перемещение излишней массы трактора составляет 0,20–0,25 кг/ч. Повышение мощности двигателя до 100–104,6 кВт и коэффициента приспособляемости K_m до 1,25 обеспечивает при балластировании наиболее эффективное использование трактора в технологиях почвообработки.

Выводы

1. Обоснованы рациональные тягово-скоростные диапазоны использования универсально-пропашного трактора «Беларус 1221» ($\varphi_{кРopt} - \varphi_{кРmax} = 0,38 - 0,45$, $(V_{Hmin}^* - V_{Hmax}) = 2,20 - 3,30$ м/с и соответствующие значения удельной массы ($m_{удmin}^* - m_{удmax}^* = 52,23 - 65,28$ кг/кВт, обеспечивающие его эффективное агрегатирование в тяговом классе 2,0 при реализации зональных технологий почвообработки.

2. Адаптация трактора базовой комплектации ($N_{э} = 96$ кВт, $K_m = 1,15$) с оптимальной массой $m_{эБ} = m_{эЗ}^* = 4816$ кг к операциям первой и второй группы почвообработки достигается установкой съемного балласта, включающего грузы массой 425 кг в передней части остова и на дисках задних колес общей массой 182 кг.

3. Повышение мощности двигателя до 100–105 кВт с увеличением коэффициента приспособляемости по крутящему моменту до $K_m = 1,25$ обеспечивает при балластировании наиболее эффективное использование серийных модификаций трактора «Беларус 1221» в зональных технологиях почвообработки.

Литература

1. Селиванов Н.И., Безбородов Ю.Н., Ковальский Б.И. и др. Технологическая потребность и оснащенность растениеводства Красноярского края тракторами // Вестн. ОмГАУ. – Омск, 2015. – № 4 (20). – С. 78–83.
2. Гутько М.В. и др. Руководство по эксплуатации Беларус 1221. – Минск, 2016.
3. Селиванов Н.И. Технологические свойства мощных тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 202 с.
4. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Эффективность использования колесных тракторов в технологиях почвообработки // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 49–57.
5. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н., Макеева Ю.Н. Удельная материалоемкость колесных тракторов // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2015. – № 2. – С. 56–63.
6. Селиванов Н.И. Рациональное балластирование энергонасыщенных колесных тракторов разной комплектации // Вестн. КрасГАУ. – 2016. – № 8. – С. 123–129.

Literatura

1. Selivanov N.I., Bezborodov Ju.N., Koval'skij B.I. i dr. Tehnologicheskaja potrebnost' i osnashhennost' rastenievodstva Krasnojarskogo kraja traktorami // Vestn. OmGAU. – Omsk, 2015. – № 4 (20). – S. 78–83.
2. Gut'ko M.V. [i dr.] Rukovodstvo po jekspluatácii Belarus 1221. – Minsk, 2016.
3. Selivanov N.I. Tehnologicheskie svojstva moshhnyh traktorov / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2015. – 202 s.
4. Selivanov N.I., Makeeva Ju.N. Jeffektivnost' ispol'zovanija kolesnyh traktorov v tehnologijah pochvoobrabotki // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 6. – S. 49–57.
5. Selivanov N.I., Zaprudskij V.N., Makeeva Ju.N. Udel'naja materialoemkost' kolesnyh traktorov // Vestn. KrasGAU. – Krasnojarsk, 2015. – № 2. – S. 56–63.
6. Selivanov N.I. Racional'noe ballastirovanie jenergonasyshhennyh kolesnyh traktorov raznoj komplektacii // Vestn. KrasGAU. – 2016. – № 8. – S. 123–129.