

УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов

РАЦИОНАЛЬНОЕ БАЛЛАСТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ  
РАЗНОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ

N.I. Selivanov

## RATIONAL BALLASTING OF POWER SATURATED WHEEL TRACTORS OF VARIOUS MODELS

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

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

Проведен анализ российского рынка сельскохозяйственных тракторов, основу которого составляют модельные ряды энергонасыщенных мобильных энергосредств колесной формулы 4к4а улучшенной классической компоновки с увеличенным диаметром управляемых колес, построенные по номинальной эксплуатационной мощности двигателя. Для эффективного использования таких тракторов в современных технологиях почвообработки и посева показана необходимость регулирования и рационального распределения эксплуатационной массы по ведущим мостам. Обоснованы основные принципы и методы рационального балластирования тракторов для адаптации к операционным технологиям почвообработки на основе сформированных моделей и разработанного алгоритма с использованием в качестве параметра оптимизации основного показателя технологичности – удельной материалоемкости (массы). На основании результатов эксперимента и моделирования определена удельная материалоемкость трактора разной комплектации и обосновано ее рациональное распределение по ведущим мостам для каждой группы родственных операций почвообработки. Исходной для балластирования принята базовая комплектация трактора с установленной мощностью на одинарных колесах и минимальной удельной массой 51,5 кг/кВт без съемного балласта для выполнения малоэнергоёмких операций поверхностной обработки почвы и прямого посева с максимальной рабочей скоростью 3,33 м/с (12,0 км/ч), отнесенных к

третьей группе. Приведены варианты размещения балластных грузов впереди остова, на передних и задних колесах, которые обеспечивают адаптацию трактора базовой комплектации и на сдвоенных колесах к более энергоёмким родственным операциям почвообработки первой и второй групп при значениях номинальной скорости 2,20 и 2,70 м/с. Методика определения и рационального распределения удельной массы по осям за счет балластирования для разных технологий почвообработки рекомендована при использовании тракторов мощностью 140–280 кВт.

**Ключевые слова:** адаптация, алгоритм, балластирование, комплектация трактора, модели, удельная материалоемкость, технология.

The analysis of the Russian market of agricultural tractors which basis is made by the model ranges of power saturated mobile power means of the wheel formula 4k4a of the improved classical configuration with the increased diameter of the operated wheels constructed on nominal operational engine capacity was carried out. For effective use of such tractors in modern technologies of tillage and seeding the need of regulation and rational distribution of operational weight on leading bridges was shown. The basic principles and methods of rational ballasting of tractors for adaptation to operational technologies of tillage on the basis of created models and the developed algorithm with the use of the main indicator of technological effectiveness, i.e. specific material capacity (weight) as the parameter of optimization were proved. On the ba-

sis of the results of the experiment and modeling specific material capacity of the tractors of different complete sets was defined and its rational distribution on the leading bridges for each group of related operations of tillage was proved. Initial for ballasting the basic complete set of the tractor with rated capacity on unary wheels and with a minimum specific weight of 51.5 kg/kW without removable ballast for the performance of low-power-intensive operations of the surface treatment of the soil and direct crops with the maximum working speed of 3.33 m/s (12.0 km/h) referred to the third group was accepted. The options of placement of ballast freights ahead of the skeleton were given in lobbies and back wheels which provide the tractor with basic complete set adaptation and on dual wheels to more power-intensive related operations of tillage of the first and second groups at values of rated speed of 2.20 and 2.70 m/s. The technique of definition and rational distribution of specific weight on axes due to ballasting for different technologies of tillage was recommended when using tractors with a power of 140-280 kW.

**Keywords:** adaptation, algorithm, ballasting, complete set of a tractor, models, specific material capacity, technology

**Введение.** Российский рынок сельскохозяйственных тракторов в последние годы широко представлен продукцией ведущих иностранных и отечественных производителей с построенными по номинальной эксплуатационной мощности двигателя модельными рядами. Наиболее распространены модельные ряды тракторов колесной формулы 4к4а улучшенной классической компоновки с передним мостом автомобильного типа и существенно увеличенным диаметром управляемых колес, которые воспринимают 40–45 % веса трактора [1]. Основу трансмиссии составляют, как правило, ступенчатые диапазонные механические коробки передач. Доля этих тракторов на российском рынке за последнее десятилетие достигла 93 % при повышении верхней границы мощности до 280–300 кВт (380–400 л.с.).

Адаптация энергонасыщенных колесных тракторов с установленной мощностью к природно-производственным условиям для улучшения эксплуатационных свойств предусматривает регулирование сцепного веса путем ис-

пользования съемных балластных грузов, применения системы автоматического позиционно-силового регулирования заднего навесного устройства, сдвигания задних и передних колес с изменением давления в шинах.

Практически на всех новых моделях колесных 4к4а тракторов иностранного и отечественного производства [2, 3] применяется регулирование степени балластирования установкой разного количества неподвижных грузов, как в передней части остова, так и на дисках задних и передних колес. Для эффективного использования таких тракторов в разных технологиях почвообработки и посева, а также на транспортных операциях необходимо выполнить два условия:

- обеспечение оптимальной эксплуатационной массы при выполнении определенной группы родственных операций [4];
- рациональное распределение эксплуатационной массы по ведущим мостам.

Неоднозначность рекомендаций в инструкциях по эксплуатации изготовителей тракторной техники, ограниченный опыт ее практического использования и испытания в производственных условиях не позволяют установить общие принципы балластирования энергонасыщенных колесных тракторов.

**Цель работы.** Обоснование основополагающих принципов и методов рационального балластирования колесных 4к4а тракторов высокой мощности для адаптации к технологиям почвообработки.

Достижение поставленной цели предусматривает решение следующих задач:

- 1) сформировать модели и разработать алгоритм рационального балластирования трактора;
- 2) обосновать удельные параметры и размещение съемного балласта для адаптации трактора разной комплектации к технологиям почвообработки.

**Материалы и методы исследования.** Решение поставленных задач выполнялось с учетом ранее установленных показателей, рекомендаций, допущений и ограничений по использованию и балластированию колесных тракторов высокой мощности [2–4, 7]:

- основной показатель технологичности трактора по ГОСТ 4.40-84 – удельная материалоемкость  $m_{y\partial i}^* = \eta_{TH} 10^3 / g \cdot \varphi_{KPH} \cdot V_{Hi}^*$  для разных

групп операционных технологий основной обработки почвы, определяется номинальными значениями рабочей скорости  $V_{Hi}^*$  и тягового режима  $\varphi_{KPHi}$  использования без учета паразитной мощности при блокировке ведущих мостов;

- базовой комплектации трактора с установленной мощностью  $N_{e3}$  соответствует эксплуатационная масса на одинарных колесах, без съемного балласта и с наполовину заполненным топливным баком  $m_{эБ} = m_{э3}^* = m_{y03}^* \cdot N_{e3} \cdot \xi_N^*$  для выполнения наименее энергоемких операций почвообработки третьей группы при  $V_{H3}^*$  и  $\varphi_{KPH3}$ , равная или превышающая, в зависимости от условий поставки, минимальную транспортировочную массу  $m_{эБ}^* \geq m_{э0}$ ;

- распределение эксплуатационного веса  $G_{э} = m_{э} \cdot g$  энергонасыщенных колесных 4к4а тракторов по осям для обеспечения наилучших показателей тягово-сцепных свойств, управляемости и продольной устойчивости в режиме рабочего хода, характеризуется следующим соотношением реакций почвы на передние и задние колеса

$$Y_{ПП} / Y_{КР} = (0,30 - 0,40) / (0,60 - 0,70) \quad [5, 6];$$

- при балластировании трактора для операций почвообработки 1-й и 2-й групп реакция почвы на задние колеса в режиме рабочего хода должна соответствовать условию  $Y_{К1P} \geq Y_{К2P} \geq Y_{КБP}$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** Общая схема балластирования колесного 4к4а трактора базовой комплектации с эксплуатационным весом  $G_{эБ} = G_{э0}$ , продольной базой  $L$  и абсциссой центра масс  $a_{y0}$  съемными грузами, установленными впереди остова  $G_{Б1}$ , на дисках передних  $G_{БК}$  и задних  $G_{Б2}$  колес, представлена на рисунке 1. Массы передних  $m_{Б1}$  и  $m_{БК}$  и заднего  $m_{Б2}$  балластов для получения рекомендуемого (оптимального) распределения веса трактора в статике определяются решением уравнений моментов относительно осей передних  $O_1$  и задних  $O_2$  колес:

$$\begin{cases} Y_{ПСТ} \cdot L = G_{э0} \cdot a_{y0} + G_{БК} \cdot L + G_{Б1}(L + a_n); \\ Y_{КСТ} \cdot L = G_{э0}(L - a_{y0}) + G_{Б2} \cdot L - G_{Б1} \cdot a_n. \end{cases} \quad (1)$$

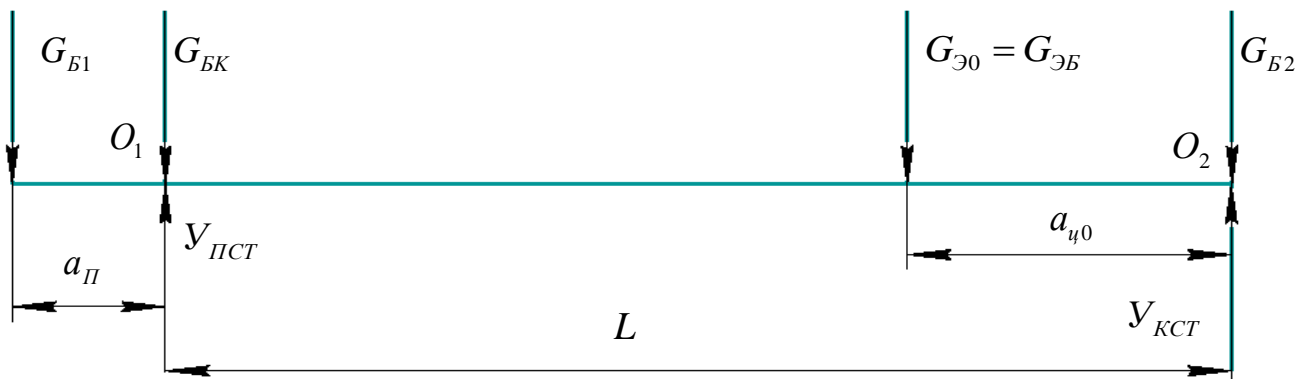


Рис. 1. Схема балластирования колесного 4к4а трактора

Обозначив относительные величины абсцисс центра масс трактора и переднего балласта как  $A_{y0} = a_{y0} / L$ ,  $A_y = a_y / L$ ,  $A_n = a_n / L$ , из уравнений (1) получим:

$$\begin{cases} Y_{ПСТ} = G_{э0} \cdot A_{y0} + G_{БК} + G_{Б1}(1 + A_{П}); \\ Y_{КСТ} = G_{э0}(1 - A_{y0}) + G_{Б2} - G_{Б1} \cdot A_{П}. \end{cases} \quad (2)$$

Из уравнений (2) следует, что колесные балласты  $G_{БК}$  и  $G_{Б2}$  увеличивают нагрузку только на соответствующую ось трактора. Передний балласт  $G_{Б1}$  обеспечивает дополнительную нагрузку передней оси  $\Delta Y_{ПСТ} = G_{Б1}(1 + A_{П})$  с одновременной разгрузкой задней оси

$$\Delta Y_{KCT} = -G_{B1} \cdot A_{II}.$$

Оптимальное распределение удельной массы трактора  $m_{y\partial}^*$  по осям, в соответствии с уравнением (2), выразится как:

$$\begin{cases} m_{y\partial ICT}^* = m_{y\partial}^* \cdot A_u = m_{y\partial 0} A_{u0} + m_{BKy\partial} + m_{B1y\partial} (1 + A_{II}); \\ m_{y\partial KCT}^* = m_{y\partial}^* (1 - A_u) = m_{y\partial 0} \cdot (1 - A_{u0}) + m_{B2y\partial} - m_{B1y\partial} \cdot A_{II}. \end{cases} \quad (3)$$

В режиме рабочего хода на горизонтальном участке с номинальной тяговой нагрузкой  $P_{крн} = m_{\mathcal{E}} \cdot g \cdot \varphi_{крн}$  происходит перераспределение веса и соответственно – удельной массы трактора по осям [5] в направлении разгрузки передних и догрузки задних колес за счет смещения абсциссы центра масс  $A_{IIIP}$  на величину

$$\Delta A_u = A_u - A_{IIIP} = \frac{[h_{KP} \cdot \varphi_{крн} + 0,5 \cdot f \cdot (r_{\partial 1} + r_{\partial 2})]}{L}, \quad (4)$$

где  $h_{KP}$  – ордината точки прицепа;  $f$  – средний коэффициент сопротивления качению;  $r_{\partial 1}$ ,  $r_{\partial 2}$  – динамические радиусы качения передних и задних колес.

Величину  $\Delta A_u$  необходимо учитывать при определении рациональных абсцисс центра масс  $A_u$  и  $A_{u0}$ , характеризующих распределение веса трактора по осям в статике. При известной удельной массе общего балласта  $m_{By\partial} = (m_{y\partial}^* - m_{y\partial 0})$  оптимальные значения  $m_{B1y\partial}^*$  основного переднего и  $m_{B2y\partial}^*$  заднего балластных грузов определяются по зависимости:

$$\begin{cases} m_{B1y\partial}^* = \frac{m_{y\partial}^* A_u - m_{y\partial 0} A_{u0} - m_{BKy\partial}}{(1 + A_{II})}; \\ m_{B2y\partial}^* = [m_{y\partial}^* (1 - A_u) - m_{y\partial 0} (1 - A_{u0})] + m_{B1y\partial}^* \cdot A_{II}. \end{cases} \quad (5)$$

Уравнения (5) позволяют определить значения  $m_{B1y\partial}^*$ ,  $m_{B2y\partial}^*$  и соответственно  $m_{B1}^*$ ,  $m_{B2}^*$ . Алгоритм балластирования трактора при известных  $N_{e\partial}$ ,  $m_{\mathcal{E}B} \geq m_{\mathcal{E}0}$ ,  $h_{KP}$ ,  $L$ ,  $f$ ,  $r_{\partial 1}$ ,  $r_{\partial 2}$ ,  $a_{u0}$ ,  $a_{II}$  и  $m_{BKy\partial}$ : определение  $m_{y\partial 0}$  и  $m_{y\partial i}^*$  для технологических операций почвообработки разных групп и основных комплектаций  $m_{y\partial}^* = \eta_{TH} \cdot 10^3 / g \cdot \varphi_{крн} \cdot V_H^*$ ; расчет  $m_{By\partial}^* = (m_{y\partial}^* - m_{y\partial 0})$ ; определение  $\Delta A_u$  по (4); выбор  $A_u$  с учетом рекомендаций и ограниче-

ний по  $A_{up} = 0,30 - 0,40$ ; определение  $m_{B1y\partial}^*$  и  $m_{B2y\partial}^*$  по (5); расчет массы балластов  $m_{B1}^* = m_{B1y\partial}^* \cdot \xi_{\bar{N}} \cdot N_{e\partial}$ ,  $m_{BK}^* = m_{BKy\partial} \cdot \xi_{\bar{N}} \cdot N_{e\partial}$  и  $m_{B2}^* = m_{B2y\partial}^* \cdot \xi_{\bar{N}} \cdot N_{e\partial}$  при установленном значении коэффициента использования эксплуатационной мощности двигателя  $\xi_{\bar{N}}$  [2]; комплектование и установка соответствующих балластных грузов.

Сформированные модели и разработанный алгоритм балластирования можно использовать для разных вариантов комплектации ходовой системы трактора на основной обработке почвы:

- 1) одинарные передние и задние колеса;
- 2) двоянные передние и задние колеса;
- 3) двоянные задние колеса.

В основу рационального балластирования следует положить, в первую очередь, определение удельной материалоемкости (массы) трактора любой из указанных комплектаций на установленных тягово-скоростных режимах использования при реализации разных групп родственных операций основной обработки почвы. За базовый вариант принимается комплектация трактора на одинарных колесах без съемного балласта с удельной массой  $m_{y\partial 0} = m_{y\partial 3}^*$  для операций почвообработки третьей группы при  $V_{H3}^*$  и  $\varphi_{крн3}$ . Соотношение  $m_{y\partial 0}$  и удельной массы  $m_{y\partial i}^*$  для других групп операций и вариантов комплектации трактора выразится как

$$\lambda m_{y\partial} = m_{y\partial i}^* / m_{y\partial 0} = \lambda \eta_T / \lambda \varphi_{крн} \cdot \lambda V_H. \quad (6)$$

Удельная масса трактора на одинарных  $m_{y\partial}^*$ , двоянных передних и задних  $m_{y\partial K}^*$ , и двоянных задних  $m_{y\partial K2}^*$  колесах для разных технологий почвообработки в общем случае содержит следующие элементы:

$$\begin{cases} m_{y\partial}^* = m_{y\partial 0} + m_{B1y\partial}^* + m_{B2y\partial}^* + m_{BKy\partial}; \\ m_{y\partial}^* = m_{y\partial 0} + m_{K1y\partial} + m_{K2y\partial} + m_{B1y\partial}^* + m_{B2y\partial}^* + m_{BKy\partial i}; \\ m_{y\partial K2}^* = m_{y\partial 0} + m_{K2y\partial} + m_{B1y\partial}^* + m_{B2y\partial}^* + m_{BKy\partial}. \end{cases} \quad (7)$$

Удельные массы дополнительного комплекта передних  $m_{K1y\partial}$  и задних  $m_{K2y\partial}$  колес с проставками входят соответственно в  $m_{BKy\partial}$  и  $m_{B2y\partial}^*$

выражений (5), существенно влияя на их величину и положение абсциссы центра масс  $A_u$ .

Для формирования общей системы рационального балластирования трактора при сдвиге колес целесообразно принять для третьей группы операций почвообработки:

$$\begin{cases} m_{y\partial K0} = m_{y\partial 0} + m_{K1y\partial} + m_{K2y\partial}; \\ m_{y\partial K20} = m_{y\partial 0} + m_{K2y\partial}. \end{cases} \quad (8)$$

В этом случае, при соблюдении условий  $m_{y\partial K0} \approx m_{y\partial K0}^*$  и  $m_{y\partial K20} \approx m_{y\partial K20}^*$ , количественные и качественные (распределение по осям) характеристики съемного балласта для операций почвообработки разных групп на одинарных и сдвоенных колесах остаются неизменными.

Увеличение  $m_{y\partial K0}^*$  и  $m_{y\partial K20}^*$  при сдвиге колес обусловлено в основном повышением тягового КПД за счет снижения потерь на перекачивание трактора. Условием неизменности  $m_{B1y\partial}^*$  и  $m_{B2y\partial}^*$ , установленных для разных групп операций при балластировании трактора с одинарными колесами, является равенство

$$m_{Ky\partial} = m_{K1y\partial} + m_{K2y\partial} = m_{y\partial K0}^* - m_{y\partial 0}$$

или

$$\lambda m_{y\partial K} = m_{y\partial K}^* / m_{y\partial 0} = (1 + m_{y\partial 0}). \quad (9)$$

Для обеспечения равенства абсцисс центра масс  $A_{u0} = A_{uK0}$  на одинарных и сдвоенных передних и задних колесах трактора без съемного балласта, при решении уравнений (2), установлена взаимосвязь

$$A_{uK0} = A_{u0} + \frac{1}{m_{y\partial K0}} [m_{K1y\partial} - (m_{K1y\partial} + m_{K2y\partial}) \cdot A_{u0}]. \quad (10)$$

Тогда условие  $A_{uK0} = A_{u0}$  выполняется при  $m_{K1y\partial} = m_{Ky\partial} \cdot A_{u0}$ .

Аналогично, при сдвиге только задних колес, получим

$$A_{uK20} = A_{u0} (1 - m_{K2y\partial} / m_{y\partial K20}). \quad (11)$$

Из равенства (11) следует, что сдвиг только задних колес трактора приводит к уменьшению абсциссы центра масс на величину  $\Delta A_{u0} = m_{K2y\partial} / m_{y\partial K20}$ .

У колесных 4к4а тракторов мощностью 140–280 кВт удельная масса дополнительного ком-

плекта передних и задних колес составляет [3, 5]  $m_{Ky\partial} = 4,0 - 6,5 \text{ кг} / \text{кВт}$  при соотношениях  $m_{K1y\partial} = (0,38 - 0,42)m_{y\partial}$  и  $m_{K2y\partial} = (0,58 - 0,62)m_{y\partial}$ . Поэтому оснащение сдвоенными передними и задними колесами практически не изменяет абсциссу центра масс  $A_{u0}$  трактора базовой комплектации. При сдвиге только задних колес абсцисса  $A_{u0}$  смещается в сторону оси задних колес на 4–5 %.

По результатам моделирования получены зависимости  $m_{B1y\partial}^*$ ,  $m_{B2y\partial}^* = f(A_{u0}, A_u, A_{II})$  для операций почвообработки 1-й и 2-й групп при оптимальных значениях удельной материалоемкости трактора  $m_{y\partial 0}$ ,  $m_{y\partial 2}^*$  и  $m_{y\partial 1}^*$  с одинарными колесами (рис. 2). Характер этих зависимостей определяется соотношением указанных параметров в уравнениях (5) при  $m_{BKy\partial} = 0$ . Смещение центра масс в сторону оси передних или задних колес пропорционально удельной массе соответствующих колесных балластов  $m_{BKy\partial}$  и  $m_{B2y\partial}$ . Установка балласта впереди остова трактора изменяет нагруженность передних и задних колес на величину  $\Delta m_{y\partial II} = m_{B1y\partial} (1 + A_{II})$  и  $\Delta m_{y\partial K} = -m_{B1y\partial} \cdot A_{II}$  соответственно.

В таблице приведены варианты рационального балластирования колесного трактора мощностью  $N_{\text{э}} = 140 - 280 \text{ кВт}$  и  $m_{y\partial 0} = 51,5 \text{ кг} / \text{кВт}$  на операциях 1-й и 2-й групп при  $L = 3,05 \text{ м}$ ,  $A_{II} = 0,45$ ,  $h_{\text{кр}} = 0,40 \text{ м}$ ,  $f = 0,10$  и  $0,5(r_{\partial 1} + r_{\partial 2}) = 0,80 \text{ м}$ . При таком соотношении значений удельной массы переднего и колесных балластов  $m_{y\partial K1}^* > m_{y\partial K2}^* > m_{y\partial K0}$  и  $A_{\text{уп}} = 0,324 - 0,415$ , что соответствует указанным выше ограничениям.

Для адаптации трактора любой комплектации к технологиям почвообработки второй и первой групп удельная масса съемного балласта составляет 7,0–7,7 и 13,0–13,9 кг/кВт соответственно, или 13,5–15,0 и 25–27 % от удельной массы трактора базовой комплектации. С учетом комплекта передних и задних колес максимальное увеличение массы трактора базовой комплектации при балластировании для операций почвообработки первой группы достигает 39–40 %.

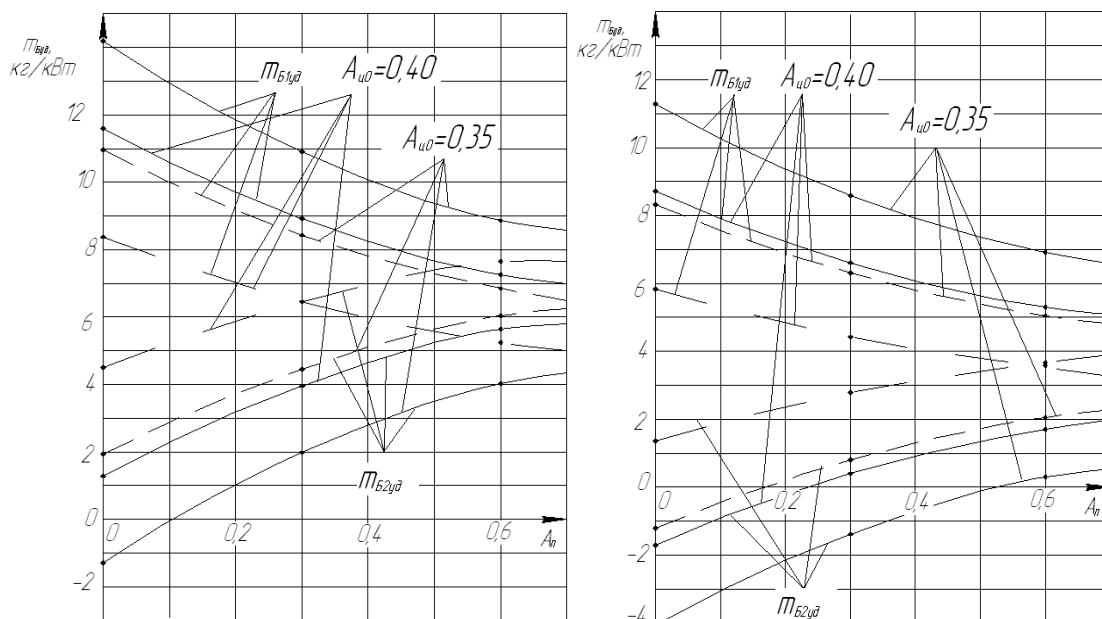


Рис. 2. Распределение удельной массы переднего  $m_{Б1уд}$  и заднего  $m_{Б2уд}$  балластов на операциях почвообработки: а – первой группы; б – второй группы; ———— —  $A_c = a_c/L = 0,50$ ; - - - - - —  $A_c = a_c/L = 0,45$

Предлагаемые удельные параметры и размещение балластных грузов обеспечивают адаптацию трактора любой комплектации к разным технологиям почвообработки (табл.). Практическая реализация значений  $m_{Б1уд}$ ,  $m_{Б2уд}$  и

$m_{Б2уд}$  зависит от конкретного оформления и массы составляющих съемный балласт элементов.

**Рациональное балластирование колесного 4к4а трактора разной комплектации**

Группа операций	$V_{Нн}^*$ , м/с	$\varphi_{КРН}$	$K$	$A_c$	$\eta_{ТН}$	$m_{уд}^*$ , кг/кВт	$m_{Буд}$ , кг/кВт	$m_{Куд}^*$ , кг/кВт	$m_{Б1уд}^*$ , кг/кВт	$m_{Б2уд}^*$ , кг/кВт	$m_{БКуд}^*$ , кг/кВт
1	2,20	0,45	1/1	0,50	0,626	64,5	13,0	0	6,83	4,42	1,75
			2/1	0,48	0,665	68,6	13,6	3,5	7,95	5,05	0
									8,30	5,30	0
			2/2	0,50	0,693	71,4	13,9	6,0	7,75	4,60	1,75
									8,75	5,15	0
			2	2,70	0,41	1/1	0,47	0,635	58,5	7,0	0
2/1	0,45	0,677				62,4	7,4	3,5	51,0	2,30	0
2/2	0,47	0,710				65,2	7,7	6,0	5,27	2,43	0
3	3,33	0,38	1/1	0,40	0,639	51,5	0	0	0	0	0
			2/1	0,38	0,681	54,9	0	3,5	0	0	0
			2/2	0,40	0,713	57,5	0	6,0	0	0	0

Примечание. Комплектация 1/1 – одинарные колеса; 2/1 – сдвоенные задние колеса; 2/2 – сдво-

енные задние и передние колеса; \* – оптимальное значение параметра.

### Выводы

1. Обоснованы модели и алгоритм балластирования колесного 4к4а трактора для адаптации к современным технологиям почвообработки с использованием основного, по ГОСТ 4.40-84, показателя технологичности – удельной материалоемкости (массы).

2. Определены рациональные соотношения удельной массы трактора разной комплектации мощностью 140–280 кВт и съемных балластных грузов для адаптации к зональным технологиям почвообработки.

### Литература

1. Парфенов А.П. Тенденции развития конструкций сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 5. – С. 42–47.
2. Селиванов Н.И. Технологические свойства мощных тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 202 с.
3. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Балластирование колесных тракторов на обработке почвы // Вестник. КрасГАУ. – 2015. – № 5. – С. 77–81.
4. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Эффективность использования колесных тракторов в технологиях почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 49–57.
5. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Удельная материалоемкость колесных тракторов при балластировании для технологий почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 10. – С. 65–70.
6. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Эксплуата-

ционные параметры колесных тракторов для зональных технологий почвообработки // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 2. – С. 56–63.

7. ГОСТ 4.40-84. Система показателей качества продукции. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.

### Literatura

1. Parfenov A.P. Tendencii razvitija konstrukcij sel'skohozjajstvennyh traktorov // Traktory i sel'hozmashiny. – 2015. – № 5. – S. 42–47.
2. Selivanov N.I. Tehnologicheskie svojstva moshhnyh traktorov / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2015. – 202 s.
3. Selivanov N.I., Makeeva Ju.N. Ballastirovanie kolesnyh traktorov na obrabotke pochvy // Vestnik. KrasGAU. – 2015. – № 5. – S. 77–81.
4. Selivanov N.I., Makeeva Ju.N. Jeffektivnost' ispol'zovanija kolesnyh traktorov v tehnologijah pochvoobrabotki // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 6. – S. 49–57.
5. Selivanov N.I., Makeeva Ju.N. Udel'naja materialoemkost' kolesnyh traktorov pri ballastirovanii dlja tehnologij pochvoobrabotki // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 10. – S. 65–70.
6. Selivanov N.I., Makeeva Ju.N. Jekspluatacionnye parametry kolesnyh traktorov dlja zonal'nyh tehnologij pochvoobrabotki // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 2. – S. 56–63.
7. GOST 4.40-84. Sistema pokazatelej kachestva produkcii. Traktory sel'skohozjajstvennyye. Nomenklatura pokazatelej. – M.: Izd-vo standartov, 1984. – 8 s.