

А. М. Комиссарчук, В. В. Гуськов

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ СЕМЕЙСТВА ТРАКТОРОВ КЛ. 1,4 т, ВКЛЮЧАЮЩЕГО КОЛЕСНЫЕ И ГУСЕНИЧНЫЕ МОДИФИКАЦИИ

Одно из основных требований к вновь создаваемым тракторам — высокая степень унификации узлов и деталей внутри отрасли. Унификация дает большие преимущества при разработке и производстве машин — значительно сокращаются сроки проектирования опытных образцов, их испытаний, упрощается ремонт, обслуживание, а также снабжение запасными частями. Поэтому создание семейств тракторов в настоящее время завоевывает прочные позиции как в отечественном, так и в зарубежном тракторостроении. При этом возможны два основных направления: 1) установка на унифицированных тракторах двигателей различной мощности; 2) разработка семейств, включающих унифицированные колесные и гусеничные модификации с двигателями одной мощности.

В нашей стране на основе второго направления создано семейство на базе колесного трактора «Беларусь». Проектирование семейств тракторов по второму направлению требует рационального подхода к выбору базовой модели, причем необходимо конструктивное разрешение у этой модели и ее модификации несоответствий по ряду параметров: 1) по мощности и скорости; 2) по весовым показателям; 3) по колее; 4) в положении центров тяжести.

Остановимся на четвертом пункте — несоответствии в положении центров тяжести. Известно, что при переоборудовании колесного трактора в гусеничный конструктивным изменениям подвергается в основном система управления и ходовая часть. Но при этом возникает необходимость решать вопрос развесовки гусеничного трактора, так как у трактора с колесной формулой 4×2 в общем случае $\frac{1}{3}$ его веса приходится на передние и $\frac{2}{3}$ — на задние колеса. У гусеничного трактора средней мощности, как показали экспериментальные исследования, центр тяжести в зависимости от характера выполняемой работы должен быть вынесен вперед относительно середины опорной поверхности гусениц [1]. Рассмотрим зависимость показателя прямых эксплуатационных затрат на единицу выполненной работы от положения центра тяжести гусеничного трактора.

На прямые эксплуатационные затраты на единицу выполненной работы влияет производительность агрегата, затраты труда и энергии. В свою очередь эти факторы зависят от конструктивных параметров трактора.

Прямые эксплуатационные затраты на единицу обработанной площади, как известно, выражаются зависимостью:

$$C_{э 1 га} = \frac{C_э}{W_ч} \text{ руб/га}, \quad (1)$$

где $C_э$ — прямые эксплуатационные затраты за 1 ч работы агрегатов, руб.; $W_ч$ — производительность агрегата за 1 ч сменного времени, га.

Производительность мобильных агрегатов определяется по формуле

$$W_ч = 0,1Bv\tau \text{ га/ч}, \quad (2)$$

где B — ширина захвата плуга, м; v — скорость движения, км/ч; τ — коэффициент использования времени.

Прямые эксплуатационные затраты устанавливают по формуле

$$C_э = C_п + C_а + C_{р.т.х} + C_{т.м} \text{ руб/ч}, \quad (3)$$

где $C_п$, $C_а$, $C_{р.т.х}$, $C_{т.м}$ — затраты соответственно на оплату персонала, на амортизационные отчисления, на ремонт, техническое обслуживание и хранение, на топливо и смазочные материалы в рублях на 1 ч работы агрегата.

Чтобы выбрать оптимальные параметры агрегата, а затем и параметры трактора, исходя из критерия прямых эксплуатационных затрат на единицу обработанной площади, необходимо, во-первых, найти функциональные зависимости изменения основных величин, входящих в выражение прямых эксплуатационных затрат и производительности (при этом функциональные зависимости должны отображать связи искомых параметров трактора с другими величинами, характеризующими, например, процесс взаимодействия ходовых органов трактора с почвой, условия работы и т. д.); во-вторых, найти оптимальные параметры трактора из условия, что $C_{э 1 га} \rightarrow \min$.

В случае выбора оптимального смещения центра тяжести Δ относительно середины опорной поверхности гусениц, исходя из критерия прямых эксплуатационных затрат на единицу обработанной площади и используя метод математического анализа, решают систему уравнений:

$$\frac{\partial C_{э 1 га}}{\partial \Delta} = 0; \quad \frac{\partial C_{э 1 га}}{\partial v} = 0;$$

где Δ — искомая величина.

Решаем эту задачу графо-аналитическим методом.

Для расчета производительности агрегата за 1 ч сменного времени в гектарах воспользуемся формулой докт. техн. наук Ю. К. Киртбая [2], согласно которой

$$W_{\text{ч}} = \frac{27N_e \eta_3 \tau}{k_v} \eta_{\text{т}}, \quad (4)$$

где N_e — потребная мощность двигателя, л. с.; η_3 — коэффициент загрузки двигателя; τ — коэффициент использования времени; $\eta_{\text{т}}$ — к. п. д. трактора; k_v — удельное тяговое сопротивление плуга, кг/м, в зависимости от скорости движения.

Потребную мощность двигателя для гусеничного трактора кл. 2 т примем равной 75 л. с.

Задаваясь скоростями движения на различных передачах (табл. 1), можно определить коэффициенты использования времени.

Таблица 1

Зависимость τ и k_v от скорости движения

v , км/ч	τ	k_v , кг/м	$\frac{27N_e \eta_3 \tau}{k_v}$	$\frac{W_{\text{га/ч}}}{k_v} \eta_{\text{т}}$
3,25	0,738	1088	0,74	0,532
4,72	0,705	1140	0,98	0,725
5,4	0,691	1170	1,06	0,800
6,7	0,668	1210	1,13	0,873
8,0	0,640	1260	1,04	0,800

Величина коэффициента использования времени зависит от кинематических параметров и скорости движения агрегата и может быть выражена

$$\tau = \frac{\tau_{\text{пр}}}{\frac{1}{\tau_{\text{дв}}(v)} + \frac{1}{\tau_{\text{ту}}(v)} + \frac{1}{\tau_{\text{т}}(v)} - 2}, \quad (5)$$

где $\tau_{\text{пр}}$ — коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время, а также простой по метеорологическим и организационным причинам.

Коэффициент использования времени движения в общем виде выражается зависимостью:

$$\tau_{\text{дв}}(v) = \frac{T_p}{T_p + T_x} = \frac{1}{1 + \frac{v B k_x}{V_x L_x}}, \quad (6)$$

где T_p — время чистой работы; T_x — время холостого движения; $K_x \frac{L_x}{B}$ — кинематическая характеристика или средняя длина холостого хода L_x , приходящаяся на один средний рабочий ход L , выраженная в единицах ширины захвата B .

Затраты времени на техническое и технологическое обслуживание пропорциональны пути, проходимому агрегатом. Коэффициент времени технического обслуживания выражается формулой:

$$\tau_{\text{тв}}(v) = \frac{1}{1 + \frac{vt_{\text{тв}}}{L_{\text{тв}}}} \quad (7)$$

и аналогично коэффициент времени технологического обслуживания — формулой:

$$\tau_{\text{т}}(v) = \frac{1}{1 + \frac{vt_{\text{т}}}{L_{\text{т}}}}, \quad (8)$$

где $t_{\text{тв}}$ и $t_{\text{т}}$ — средняя затрата времени на одно внутрисменное соответственно техническое и технологическое обслуживание, ч; $L_{\text{тв}}$ и $L_{\text{т}}$ — средний путь, проходимый агрегатом соответственно между смежными техническими уходами и смежными остановками, связанными с техническим обслуживанием, км; v — скорость движения, км/ч.

Для упрощения расчета применим величину коэффициента использования времени τ для принятых скоростей движения по нормативам ГОСНИТИ [3].

Удельное тяговое сопротивление плуга выражается формулой:

$$k = \frac{P}{B}, \quad (9)$$

где P — сила тяги плуга; B — ширина захвата.

Согласно формуле докт. техн. наук В. В. Кацыгина, сила тяги плугов

$$P = \frac{644B + 91,4Bv}{0,67}, \quad (10)$$

где v — скорость движения агрегата.

Подставляя выражение P в формулу (9), получим:

$$k_v = \frac{633 + 91,4v}{0,67}. \quad (11)$$

Значения k_v для принятых скоростей движения гусеничного трактора кл. 2 т с трехкорпусным плугом приведены в табл. 2.

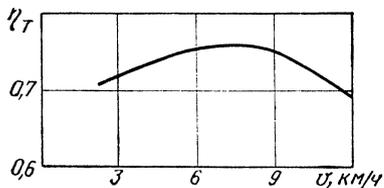


Рис. 1. Влияние скорости движения на тяговый к. п. д. гусеничного трактора класса 2 т (почва минеральная).

Для расчета производительности агрегата за 1 ч сменного времени $W_ч$ на различных передачах осталось определить тяговый к. п. д. трактора η_T в зависимости от скорости движения и от смещения центра тяжести трактора.

На рис. 1 показано влияние скорости движения на тяговый к. п. д. гусеничного трактора кл. 2 т [4], а на рис. 2 приведены результаты расчета η_T в зависимости от смещения центра тяжести при работе на различных передачах.

Для упрощения расчета прямые эксплуатационные затраты с руб/ч для всех передач приняты постоянными ($c_3 = 2,29$ руб/ч).

Для упрощения расчета прямые эксплуатационные затраты с руб/ч для всех передач приняты постоянными ($c_3 = 2,29$ руб/ч).

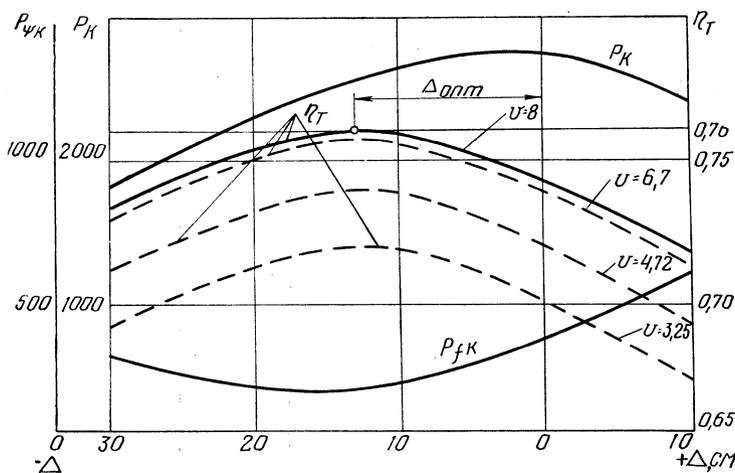


Рис. 2. Изменение тягового к. п. д. трактора кл. 2 т в зависимости от смещения центра тяжести на различных передачах.

В табл. 2 и на рис. 3 и 4 даны результаты решения уравнений

$$\frac{\partial c_{3 \text{ га}}}{\partial \Delta} = 0 \text{ и } \frac{\partial c_{3 \text{ га}}}{\partial v} = 0$$

расчетно-графическим путем для гусеничного трактора кл. 2 т.

Из графика (рис. 3) видно, что для гусеничного трактора кл. 2 т в агрегате с трехкорпусным плугом оптимальная скорость

Таблица 2

Зависимость прямых эксплуатационных затрат на единицу обработанной площади от смещения центра тяжести трактора

Δ , см	$v=2,25$ км/ч					$v=4,72$ км/ч				
	η_T	$\frac{27N_e \eta_3 \tau}{k_v}$	v , га/ч	c_{Σ} , руб/ч	c_{Σ} 1 га, руб.	η_T	$\frac{27N_e \eta_3 \tau}{k_v}$	v , га/ч	c_{Σ} , руб/ч	c_{Σ} 1 га, руб.
-10	0,67	0,74	0,495	2,29	4,62	0,69	0,98	0,675	2,29	3,39
0	0,70	0,74	0,520	2,29	4,40	0,72	0,98	0,705	2,29	3,25
-10	0,72	0,74	0,532	2,29	4,30	0,74	0,98	0,725	2,29	3,15
-20	0,71	0,74	0,585	2,29	4,36	0,735	0,98	0,720	2,29	3,18
-30	0,69	0,74	0,510	2,29	4,50	0,71	0,98	0,695	2,29	3,29
	$v=6,75$ км/ч					$v=8$ км/ч				
-10	0,715	1,13	0,808	2,29	2,84	0,72	1,04	0,75	2,29	3,05
0	0,74	1,13	0,846	2,29	2,71	0,742	1,04	0,772	2,29	2,97
-10	0,773	1,13	0,873	2,29	2,62	0,758	1,04	0,80	2,29	2,86
-20	0,75	1,13	0,848	2,29	2,70	0,752	1,04	0,782	2,29	2,93
-30	0,73	1,13	0,825	2,29	2,78	0,735	1,04	0,765	2,29	3,00

движения по минимуму эксплуатационных затрат на единицу выполненной работы находится в диапазоне 7—8 км/ч.

Из анализа графика (рис. 4) можно сделать выводы о том, что минимум прямых эксплуатационных затрат для гусеничных модификаций трактора «Беларусь» на всех передачах имеет место при $-\Delta$, т. е. при смещенном вперед центре тяжести трактора относительно середины опорной поверхности гусениц.

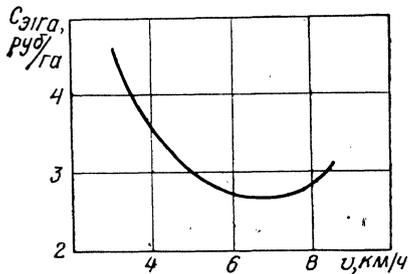


Рис. 3. Изменение прямых эксплуатационных затрат $C_{э1га}$ в руб/га в зависимости от скорости движения v .

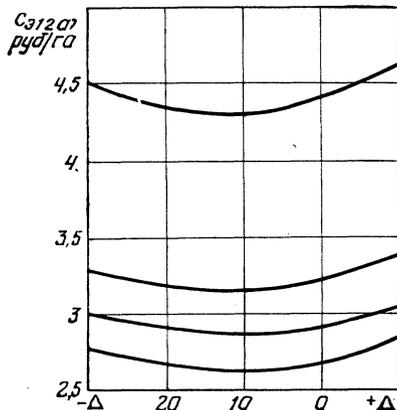


Рис. 4. Изменение прямых эксплуатационных затрат $C_{э1га}$ в руб/га в зависимости от смещения центра тяжести трактора Δ .

На рис. 4 видно, что работу гусеничных модификаций трактора «Беларусь» по минимуму прямых эксплуатационных затрат при различных нагрузках на крюке можно обеспечить при смещениях центра тяжести вперед в интервале 100—150 мм.

При разработке гусеничных модификаций трактора «Беларусь» несоответствие в положении центра тяжести по отношению к базовой модели было разрешено смещением гусеничных движителей относительно остова трактора назад посредством применения трехвального бортового редуктора с шестернями, расположенными в одной плоскости [5].

Литература

- [1] Гуськов В. В., Комиссарчук А. М. О рациональном распределении веса гусеничного трактора. — «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1969, № 10. [2] Куртбая Ю. К. Элементы теории оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных агрегатов. — «Тракторы и сельхозмашины», 1966, № 12. [3] Техническое нормирование механизированных полевых работ. М., 1961 (ГОСНИТИ). [4] Гуськов В. В. Экспериментально-теоретические основания оптимизации параметров сельскохозяйственных тракторов. Докт. дисс. Минск, 1969. [5] Комиссарчук А. М. Развесовка трактора смещением движителя. — «Промышленность Белоруссии», 1970, № 2.