

ПРЯМАЯ ОЦЕНКА УДЕЛЬНОГО ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА, ОПТИМАЛЬНОГО ПО ТЯГОВОМУ КПД

В.И. Костюченко

На базе зависимости потенциальной тяговой характеристики получено прямое аналитическое выражение удельного тягового усилия гусеничного трактора, оптимального по тяговому КПД. Значение этого усилия определяется величинами максимального коэффициента сцепления и коэффициента сопротивления передвижению трактора.

Перечень обозначений и сокращений

N_{KP} - удельная тяговая мощность;

N_E - удельная мощность двигателя;

N_K - удельная мощность на ведущих колесах;

φ_{KP} , φ_{KPO} - удельное и оптимальное удельное тяговое усилие, соответственно;

$\varphi_{KРмакс}$ - максимальный коэффициент сцепления (максимальное удельное тяговое усилие);

$\eta_T = \frac{N_{KP}}{N_E}$ - тяговый КПД;

η_{TP} - КПД трансмиссии;

f - коэффициент сопротивления передвижению;

δ - коэффициент буксования;

V - действительная скорость.

Основными критериями эффективности тракторов сельскохозяйственного назначения являются средняя тяговая мощность или тяговый КПД, обеспечивающие его максимальную производительность и топливную экономичность [1, 2, 3, 5, 6]. Это связано с двумя моментами. Во-первых, рабочие процессы таких машин в агрегате с типичными орудиями (плуг, борона, культиватор, луцильник и др.) стационарны по тяговому сопротивлению и скорости [1, 4, 5, 6]. Во-вторых, доля холостого хода (разворота) во времени рабочего процесса пренебрежимо мала, т.е. рабочий процесс состоит практически из одного рабочего хода:

$$\bar{N}_{KP} = \frac{1}{T} \int_0^T N_{KP}(V) dt = \frac{1}{T_P} \int_0^{T_P} N_{KP}(V) dt,$$

где T , T_P - продолжительности всего рабочего процесса и рабочего хода.

Таким образом, усилие, соответствующее максимальной эффективности трактора сельскохозяйственного назначения, т.е. его максимальной тяговой мощности или тяговому КПД, является оптимальным. Такое усилие определяется по потенциальной тяговой характеристике трактора для наиболее типичного грунтового фона, как правило, для стерни нормальной влажности и плотности [1, 2, 3].

Знание оптимального тягового усилия позволяет напрямую выбирать необходимые для проектируемого трактора рабочие орудия, а затем оценивать оптимальные параметры моторно-трансмиссионной установки.

Зависимости потенциальной тяговой характеристики и тягового КПД гусеничного трактора. Показатели тяговой характеристики трактора представим в удельном виде, т.е. отнесем их к весу трактора, при этом зависимости будут справедливы для тракторов различных классов.

Из классической теории трактора [1, 2, 3, 7] известны зависимости потенциальной тяговой характеристики и тягового КПД в следующем виде:

$$N_{KP} = N_E \eta_{TP} \left(\frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right) (1 - \delta), \quad (1)$$

$$\eta_T = \eta_{TP} \left(\frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right) (1 - \delta). \quad (2)$$

В работах [8, 9] для гусеничных тракторов предложена удобная формула для коэффициента буксования, наиболее широко применяемая для тяговых расчетов:

$$\delta_{CT} = 1 - \left(1 - \frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP_{\max}}} \right)^{0,05}. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1) и (2), получим зависимости потенциальной тяговой характеристики и тягового КПД в функции удельного тягового усилия:

$$N_{KP} = N_E \eta_{TP} \left(\frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right) \left(1 - \frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP_{\max}}} \right)^{0,05}, \quad (4)$$

$$\eta_T = \eta_{TP} \left(\frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right) \left(1 - \frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP_{\max}}} \right)^{0,05}. \quad (5)$$

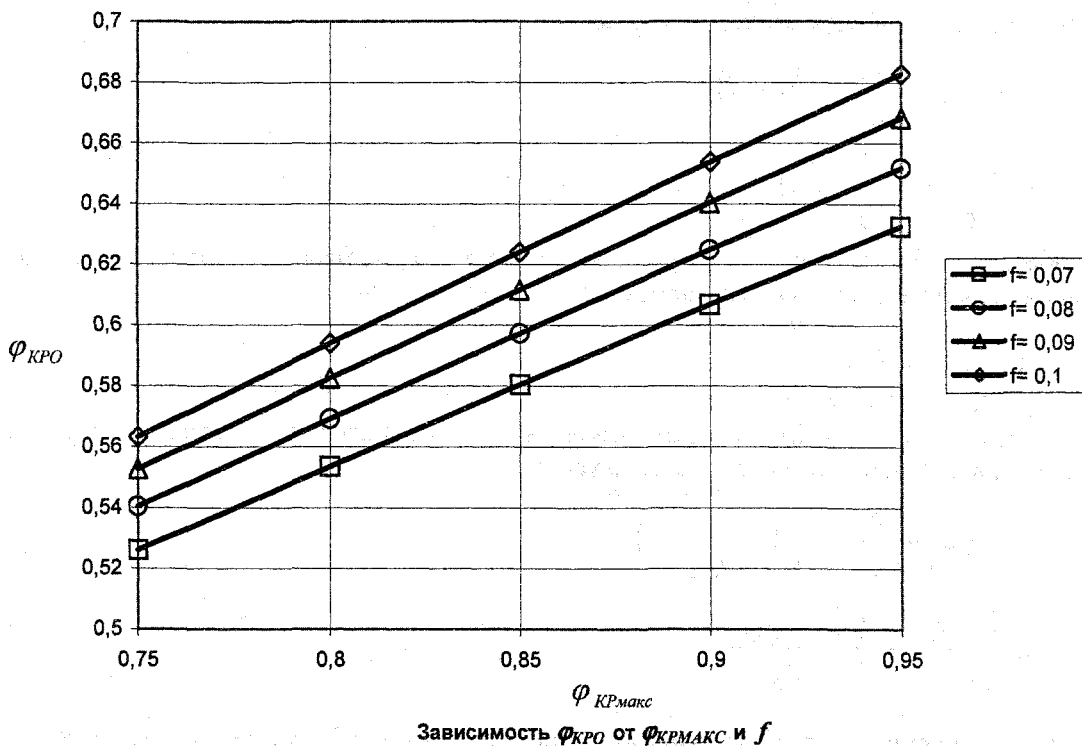
Удельное тяговое усилие, оптимальное по тяговому КПД. Исследуя (5) на экстремум при фиксированных значениях $\varphi_{KP_{\max}}$ и f , зависящих от типа ходовой системы трактора и грунтового фона, получим значение оптимального удельного тягового усилия по тяговому КПД:

$$\varphi_{KPO} = f \left(\sqrt{110,25 + 20 \frac{\varphi_{KP_{\max}}}{f}} - 10,5 \right).$$

Аналитическое выражение (6) позволяет напрямую оценивать φ_{KPO} для любого гусеничного трактора на этапе его проектирования. Значение φ_{KPO} для потенциальной тяговой характеристики, выражаемой (4), не зависит от мощности двигателя, веса трактора и КПД его трансмиссии, а определяется только значениями $\varphi_{KP_{\max}}$ и f . Отсутствие связи φ_{KPO} и η_{TP} означает независимость φ_{KPO} от типа трансмиссии трактора. Значения φ_{KPO} гусеничных сельскохозяйственных тракторов для практически интересных диапазонов $\varphi_{KP_{\max}} = 0,75 \dots 0,95$ и $f = 0,07 \dots 0,1$ представлены в таблице и на рисунке и находятся в пределах 0,526...0,683. Значение φ_{KPO} увеличивается с ростом $\varphi_{KP_{\max}}$ и f , т.е. при улучшении тягово-сцепных качеств (увеличении $\varphi_{KP_{\max}}$) трактора φ_{KPO} растет, а при улучшении ходовых качеств (снижении f) трактора φ_{KPO} снижается. Для трактора со средними тягово-сцепными и ходовыми качествами на стерне при $\varphi_{KP_{\max}} = 0,85$ и $f = 0,08$ φ_{KPO} составляет 0,597.

Значения оптимальных удельных тяговых усилий гусеничных сельскохозяйственных тракторов

f	$\varphi_{KP_{\max}}$				
	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
0,07	0,526	0,553	0,580	0,607	0,633
0,08	0,540	0,569	0,597	0,625	0,652
0,09	0,553	0,582	0,612	0,640	0,668
0,1	0,563	0,594	0,624	0,654	0,683



Зная значение $\varphi_{КРО}$, напрямую выбирается типичный вид агрегата, обеспечивающий соответствующее тяговое сопротивление. В свою очередь, зная из агротехнических требований оптимальную скорость $V_{ОПТ}$ обработки почвы этим агрегатом, оцениваются $N_{КР}$, N_E и оптимальное передаточное число трансмиссии трактора.

Литература

1. Тракторы: Теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. - М.: Машиностроение, 1988. - 376с.
2. Харитончик Е.М. Взаимосвязи параметров и вопросы совершенствования сельскохозяйственных тракторов: Доклад по опубликованным работам, представленным на соискание ученой степени докт. техн. наук. - Воронеж: ВСХИ, 1972. - 78с.
3. Трененков И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов. - М.: Машгиз, 1963. - 271с.
4. Барский КБ., Анилович В.Я., Кутъков Г.М. Динамика трактора. - М.: Машиностроение, 1988. - 280с.
5. Позин Б.М. Совершенствование параметров промышленных тракторов (теория, эксперимент, внедрение): Дис. ... докт. техн. науке форме научного доклада. - М.: МАДИ, 1991. - 62с.
6. Костюченко В.И. Разработка критериев и методов оценки эффективности промышленных тракторов. Дис. ... канд. техн. наук. - Челябинск: ЮУрГУ, 2000. - 296с.
7. Львов Е.Д. Теория трактора. - М.: Машгиз, 1952. - 388с.
8. Гинзбург Ю.В., Швед А.М., Парфенов А.П. Промышленные тракторы. - М.: Машиностроение, 1986. - 293с.
9. Проектирование мобильных агрегатов с применением ЭВМ: Учебное пособие / Ю.В. Гинзбург, Б.Н. Пинигин, В.А. Сударчиков и др. - Челябинск: ЧПИ, 1988. - 88с.