

и основы проектирования / Под общ.ред. Е.Е. Александрова. – Харьков: ХГПУ, 1997. – 185 с.

2. Александров Е.Е., Самородов В.Б. Новый подход к технологии синтеза кинематических параметров гидрообъемно-механических трансмиссий // Високі технології в машинобудуванні. Зб.наук.пр. ХДПУ. – Харків, 1999. – С. 312-314.

Анотація

ВПЛИВ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ГІДРОПРИВОДУ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ НА РОБОТУ ТРАКТОРА

Шушляпін С., Щербак Є., Курилко Д.

Приведені фактори та основні причини порушення температурного режиму роботи гідроприводу коробки зміни швидкості руху трактора та наслідки цих порушень.

Abstract

EFFECT OF CHANGE IN TEMPERATURE OF HYDRAULIC DRIVE GEAR TO WORK THE TRACTOR

S. Shushlyapin, E. Sherbak, D. Kurilko

Shows the factors and underlying causes of violations of the temperature regime of hydraulic motive box change the speed of the tractor and the consequences of these violations.

УДК 629.114.2.01

БАЛАНС МОЩНОСТИ И КПД ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА С ПРИВОДОМ ОТ ВОМ АКТИВНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬХОЗМАШИН

Лебедєв А.Т., д.т.н., проф., Шевченко И.А., к.т.н.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Кот А.В., м.н.с.

Харьковский филиал УкрНИИПВТ имени Л. Погорелого

Обоснованы методические основы оценки КПД тракторного агрегата с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин.

Постановка проблемы. Переход тракторной энергетики к тягово-энергетической концепции предусматривает для привода активных органов сельхозмашин применение одного, двух и т.д. валов отбора мощности (ВОМ),

передающих до 90 % мощности двигателя. В связи с этим оценка энергетических показателей тракторных агрегатов с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин при выполнении различных технологических операций являются актуальной задачей для механизации сельскохозяйственного производства.

Анализ последних исследований и публикаций. Баланс мощности тракторного агрегата предусматривает оценку соотношения мощности двигателя и ее затрат на передвижение тракторного агрегата, в агрегатах трактора, а также на привод от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин [1].

Оценка тягово-сцепных свойств трактора производится по его тяговому КПД, который согласно работе [2] $\eta_y = N_{mm} / N_{em}$ и в соответствии с работой [3]

$$\eta_m = N_m / N_e ,$$

где: N_{mm}, N_{em} – максимальная тяговая мощность трактора и максимальная мощность двигателя;

N_m, N_e – тяговая мощность трактора и соответствующая мощность двигателя при различном крюковом усилии.

Величины η_y и η_m не эквивалентны и отражают соответственно потенциальные тяговые возможности трактора (условный тяговый КПД) и тяговые свойства при определенном крюковом усилии (тяговый КПД). Недопустимость отождествления η_y и η_m объясняется тем, что при механической ступенчатой коробке передач невозможно полностью реализовать тягово-сцепные и мощностные качества трактора.

При учете потерь энергии в трансмиссии и на передвижение трактора тяговый КПД оценивается по зависимости [1]:

$$\eta_m = \eta_{mp} \eta_z \eta_\delta \eta_f = \eta_{mp} \eta_f (1 - \delta) \frac{\varphi_{кр}}{f + \varphi_{кр}}, \quad (1)$$

где: $\eta_{mp}, \eta_z, \eta_\delta, \eta_f$ – КПД, учитывающий потери в трансмиссии, в ходовой части, потери скорости (буксование) и на формировании колеи;

δ – буксование; $\varphi_{кр} = F_{кр} / G$ - коэффициент использования сцепного веса

$G = mg$ на крюке;

$F_{кр}$ – крюковое сопротивление;

f – коэффициент сопротивления перекачиванию;

m – масса трактора.

Тяговый КПД, рассчитанный по формуле (1), приемлем для оценки тягово-сцепных свойств трактора без учета возможности привода от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин.

Цель исследования – оценить влияние привода от ВОМ активных

рабочих органов сельхозмашин на баланс мощности и КПД тракторного агрегата.

Результаты исследования. Уравнение мощностного баланса тракторного агрегата с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин, связывающее мощность двигателя (N_e) с ее затратами (ΣN_z), имеет следующий вид:

$$N_e = \Sigma N_z = N_n + N_{\bar{o}} + N_m + N_m + N_{ВОМ}, \quad (2)$$

где: N_n – потери мощности на передвижение (перекатывание) трактора;

$N_{\bar{o}}$ – потери мощности на буксование движителей;

N_m – потери мощности в трансмиссии привода ведущих колес (движителей) трактора;

N_m – тяговая мощность на крюке трактора;

$N_{ВОМ}$ – мощность, потребляемая рабочими органами сельскохозяйственной машины от ВОМ трактора.

Процентные соотношения мощностей N_n , $N_{\bar{o}}$, N_m , $N_{ВОМ}$ от N_e , полученные в результате обработки экспериментальных данных энергетической оценки тракторных агрегатов, приведены в таблице [4].

Из таблицы следует, что в машинно-тракторных агрегатах потребляемая рабочими органами и транспортирующими устройствами через ВОМ трактора мощность изменяется в пределах 1,5...91% N_e . Для таких машин как сеялки и сажалки незначительное потребление мощности от ВОМ трактора объясняется низкой энергоемкостью машины. Кроме того, основные рабочие органы приводятся в движение от приводного или ходового колеса, в составе машины преобладают пассивные рабочие органы. Тяговая мощность этих машин доходит до 58%. Особенно большую мощность через ВОМ трактора потребляют уборочные (46...82% N_e) и ротационные почвообрабатывающие (35...91% N_e) машины.

При уменьшении числа пассивных рабочих органов в мобильных уборочных машинах (картофелеуборочных, комбайнах, комбинированных почвообрабатывающих, силосоуборочных машинах и т.д.) и увеличении числа активных вращающихся и поступательно-движущихся рабочих органов возрастает мощность, потребляемая через ВОМ трактора, и уменьшается тяговая мощность.

Потеря мощности машинно-тракторного агрегата на передвижение N_n колеблется в пределах 27...40% N_e , а в трансмиссии и приводе ВОМ трактора 2...14% N_e и на буксование – 0,1...8% N_e .

Сущность определения КПД тракторного агрегата по мощностному балансу сводится к представлению его в виде отношения мощности полезно затраченной (на выходном звене, т.е. N_t , $N_{ВОМ}$) к мощности движущихся сил (на входном звене, т.е. N_e) (рис. 1)

Таблица – Мощностной баланс показателей тракторных агрегатов с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельскохозяйственных машин

Название и марка машины	Марка агрегируемого трактора	Составные части эффективной мощности двигателя N_e в %										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		
Четырехрядная картофелесажалка СКС-4	T-150	1,5				53			27	11,5	7	
Сеялка-разбрасыватель туковая ССТ-10	MT3-80 / 82	2,5				58,5			22	9	8	
Картофелесажалка СН-4Б	MT3-80 / 82	3				51			25	N_m	N_b	8
Разбрасыватель удобрений РУМ-8	ХТЗ-150К	15				50			19	13	3	
Разбрасыватель удобрений РУМ-12	K-701	18				40			26	11	5	
Бурякоуборочный комбайн КСТ-3А	T-150	24			N_m	39			N_n	25	11	-1
Разбрасыватель удобрений КСО-9	ХТЗ-120 / 160	27				35			23	11	4	
Фрезерный культиватор КФ-5,4	MT3-80 / 82			35		31			20	10	4	
Луковый копатель ЛКГ-1,4	MT3-80 / 82			35				40	14	8	3	
Силосоуборочный комбайн КСС-2,6	ХТЗ-120 / 160			38				41	10	8	3	
Капустоуборочный комбайн МСК-1	MT3-80 / 82			$N_{ВОМ}$	45		23		18	11	3	
Картофелекопатель КСТ-1,4	MT3-80 / 82			46			24		17	10	3	
Картофелекопатель КТН-2Б	MT3-80 / 82			46			29		13	10	2	
Льноуборочный комбайн ЛКВ-4Т	MT3-80 / 82			49			20		20	9	-2	
Ботвоуборочная машина БМ-6А	MT3-80 / 82			50			17		23	8	-2	
Картофелеуборочная машина УКВ-2	MT3-80 / 82			55				22	9	11	-3	
Плуг ротационный ПР-2,7	ХТЗ-150К					64			24	4	7	-1
Фреза болотная ФБК-2	T-150									9	12,5	-1,9 -0,1

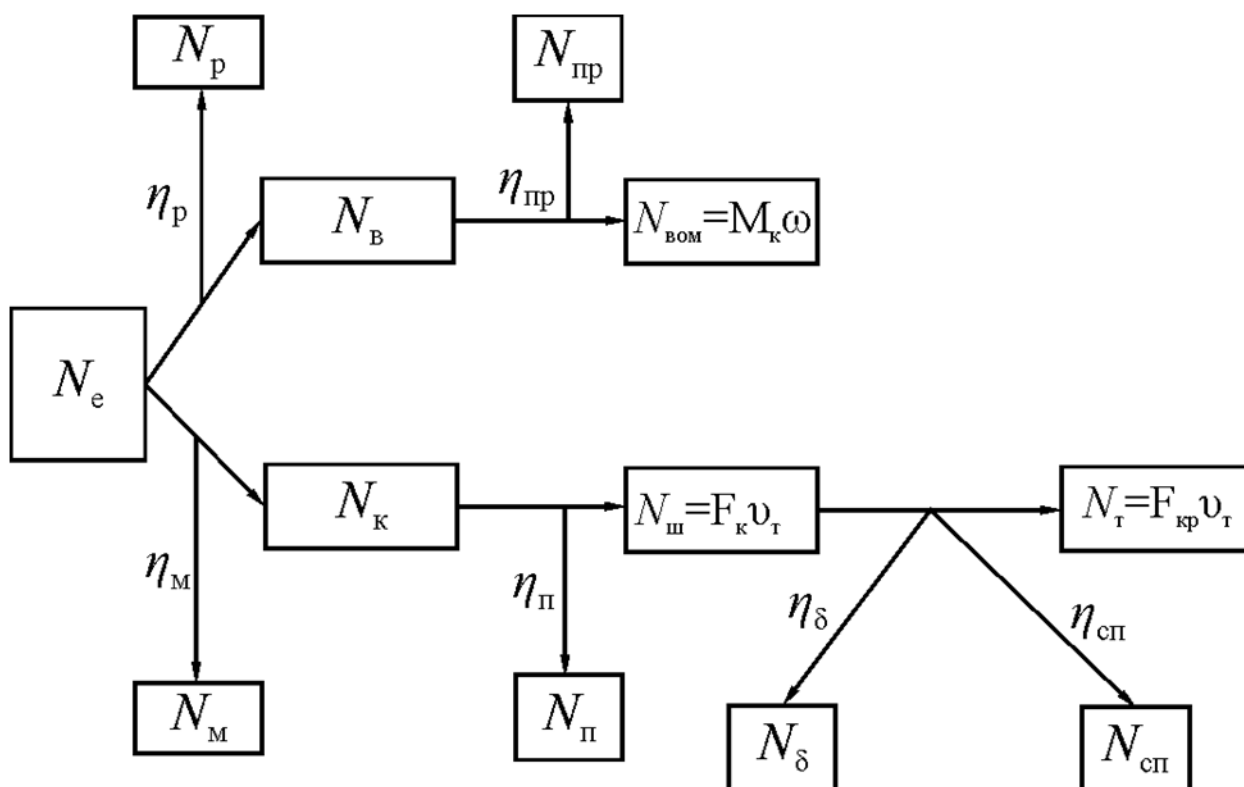


Рис. 1 – Структурная схема потока мощностей тракторного агрегата с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин.

В соответствии с данной структурной схемой эффективная мощность двигателя N_e передается через трансмиссию на ведущие колеса трактора и через ВОМ на активные рабочие органы сельхозмашин. В трансмиссии возникают потери мощности N_m , оцениваемые КПД η_m . Часть мощности N_k на ведущих колесах расходуется на преодоление сопротивления перекачиванию трактора N_p , оцениваемой КПД η_p . Полученная после этого мощность $N_{ш}$ на шинах ведущих колес расходуется на буксование N_b , оцениваемой КПД η_b , и образование колеи $N_{сп}$, оцениваемой КПД $\eta_{сп}$, а также на полезную тяговую мощность N_t , определяемой силой тяги на крюке F_k и скоростью v_t трактора.

При передаче мощности через ВОМ N_B к активным рабочим органам сельхозмашин $N_{воm}$, определяемой крутящим моментом M_k и угловой скоростью ω_b выходного вала привода, учитываются потери мощности в редукторе ВОМ трактора N_p , оцениваемыми КПД η_p , и приводе $N_{пр}$, оцениваемыми КПД $\eta_{пр}$.

При анализе мощностного баланса тракторного агрегата с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин обычно затраты мощности на образование колеи $N_{сп}$ относят к сопротивлению перекачиванию N_p , а потери мощности в редукторе ВОМ трактора N_B и приводе $N_{пр}$ оцениваются КПД привода $\eta_{воm}$.

На основании структурной схемы потока мощностей тракторного агрегата (см. рис. 1) можно записать следующие уравнения КПД отдельных ее звеньев:

$$\begin{aligned}
\eta_M &= \frac{N_K}{N_e} = \frac{N_e - N_M}{N_e} = 1 - \frac{N_M}{N_e}; \\
\eta_{II} &= \frac{N_{III}}{N_K} = \frac{N_K - N_{II}}{N_K} = 1 - \frac{N_{II}}{N_K}; \\
\eta_\delta &= \frac{N_{III} - N_S}{N_{III}} = 1 - \frac{N_\delta}{N_{III}}; \\
\eta_T &= \frac{N_T - N_{III}}{N_T} = 1 - \frac{N_{III}}{N_T}; \\
\eta_{BOM} &= \frac{N_{BOM}}{N_e} = \frac{N_e - (N_P + N_{np})}{N_e} = 1 - \frac{N_P + N_{np}}{N_e};
\end{aligned} \tag{2}$$

При установившемся движении тракторного агрегата на горизонтальной поверхности с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин общий КПД агрегата (η) и тяговый трактора (η_m) определяются по зависимостям

$$\eta = \frac{N_T + N_{BOM}}{N_e}, \quad \eta_T = \frac{N_T}{N_e - N_{BOM}}, \tag{3}$$

Структурная схема потока мощностей тракторного агрегата с приводом от ВОМ активных рабочих органов (см. рис. 1) включает как последовательное, так и параллельное включение звеньев. При последовательном соединении звеньев, например при передаче мощности к ведущим колесам трактора, характеризуемой передаваемой мощностью N_e , N_K , N_{III} и N_T , справедливо $N_e > N_K > N_{III} > N_T$. В этом случае входная мощность каждого последующего звена трактора может быть принята полезной для предыдущего и КПД трактора запишется в виде:

$$\eta_m = \eta_M \cdot \eta_n \cdot \eta_\delta \tag{4}$$

При параллельном соединении звеньев тракторного агрегата, характерном при отборе мощности через ВОМ на привод активных рабочих органов, поток мощности распределяется между потребителями и КПД агрегата определяется по зависимости:

$$\eta_a = \eta_1 a_1 + \eta_2 a_2, \dots, \eta_k a_k, \tag{5}$$

где: a_1, a_2, \dots, a_k – коэффициенты распределения мощности между потребителями.

При последовательно-параллельном соединении звеньев структурной схемы тракторного агрегата с приводом от ВОМ активных рабочих органов сельхозмашин (см. рис. 1) она может быть преобразована к виду (рис. 2).

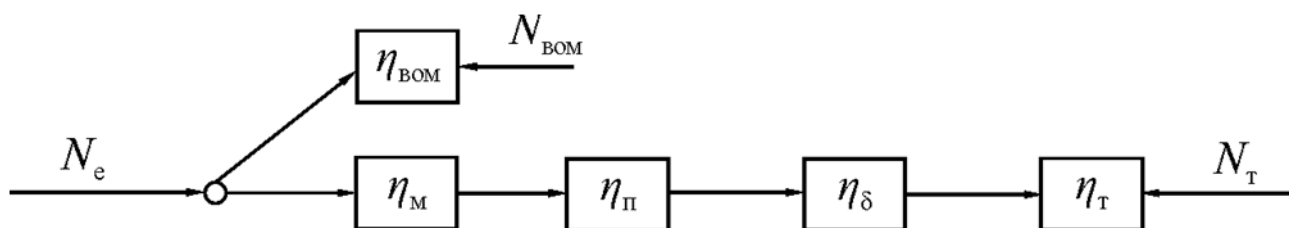


Рис. 2 – Структурная схема тракторного агрегата при последовательно-параллельном соединении звеньев.

Для данной структурной схемы общий КПД тракторного агрегата определяется по формуле:

$$\eta = \frac{N_{Т} + N_{ВОМ}}{\frac{N_{Т}}{\eta_{М}\eta_{П}\eta_{\delta}\eta_{Т}} + \frac{N_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}}} \quad (6)$$

Пример 1. Для трактора ХТЗ-150К-09 (двигатель ЯМЗ-236Д-3) определить общий КПД при агрегатировании с разбрасывателем удобрений РУМ-8 и с плугом ротационным ПР-2,7.

Исходные данные определяются по таблице мощностного баланса:

агрегат ХТЗ-150К-09+РУМ-8: N_e -175 л.с.; N_M -22,7 л.с.; N_P -33,2 л.с.; N_{δ} -5,2 л.с.; N_T -87,5 л.с.; $N_{ВОМ}$ -26,2 л.с.;

агрегат ХТЗ-150К-09+ПР-2,7: N_e -175 л.с.; N_M -12,2 л.с.; N_P -7,0 л.с.; N_{δ} -1,7 л.с.; N_T -42,0 л.с.; $N_{ВОМ}$ -112,0 л.с.

Расчет КПД отдельных звеньев выполняется по формулам (2):

агрегат ХТЗ-150К-09+РУМ-8: η_M -0,87, η_P -0,81, η_{δ} -0,97, η_T -0,50, $\eta_{ВОМ}$ -0,85;

агрегат ХТЗ-150К-09+ ПР-2,7: η_M -0,93, η_P -0,96, η_{δ} -0,99, η_T -0,76, $\eta_{ВОМ}$ -0,36.

Расчет общего КПД тракторного агрегата выполняется по формуле (6): агрегат ХТЗ-150К-09+РУМ-8:

$$\eta = \frac{87,5 + 26,2}{\frac{87,5}{0,87 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 0,50} + \frac{26,2}{0,85}} = 0,39$$

агрегат ХТЗ-150К-09+ ПР-2,7:

$$\eta = \frac{42,0 + 112,0}{\frac{42,0}{0,93 \cdot 0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,76} + \frac{112,0}{0,36}} = 0,41$$

Пример 2. Для трактора МТЗ-80 (двигатель Д-240) определить общий КПД при агрегатировании с картофелесажалкой СН-4Б и картофелеуборочной машиной УКВ-2.

Исходные данные определяются по таблице мощностного баланса. Расчет выполняется по аналогии с примером 1.

Результаты расчета:

агрегат МТЗ-80+ СН-4Б:

$$\eta = \frac{40,8 + 2,4}{\frac{40,8}{0,87 \cdot 0,75 \cdot 0,92 \cdot 0,49} + \frac{2,4}{0,97}} = 0,30$$

агрегат МТЗ-80+ УКВ-2:

$$\eta = \frac{17,6 + 44,0}{\frac{17,6}{0,92 \cdot 0,71 \cdot 0,97 \cdot 0,78} + \frac{44,0}{0,45}} = 0,49$$

Выводы. При повышении мощности, передаваемый через ВОМ на привод активных рабочих органов сельхозмашин, общий КПД тракторного агрегата возрастает.

Список использованных источников

1. Тракторы. Теория / Под ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
2. Бойко Н.Н. Полевые испытания тракторов / В кн.: Методика лабораторно-полевых испытаний тракторов и тракторных агрегатов. – М.: ВИМЭ, 1939. – С. 14-21.
3. Львов Е.Д. Теория трактора. – М.: Машгиз, 1952. – 234 с.
4. Флик В.П. Механические приводы сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

Анотація

БАЛАНС ПОТУЖНОСТІ І ККД ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ З ПРИВОДОМ ВІД ВВП АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬГОСПМАШИН

Лебедев А., Шевченко І., Кот О.

Обґрунтовані методичні основи оцінки ККД тракторного агрегату з приводом від ВВП активних робочих органів сільгоспмашин.

Abstract

BALANCE OF POWER AND EFFICIENCY OF TRACTOR AGGREGATE WITH A DRIVE FROM PTO OF ACTIVE WORKINGS ORGANS OF AGRICULTURAL MACHINES

A. Lebedev, I. Shevchenko, A. Kot

Methodical bases of estimation of efficiency of tractor aggregate are grounded with a drive from PTO of active workings organs of agricultural machines.