

## ТЕПЛОАГРУЖЕННОСТЬ ГИДРОПОДЖИМНЫХ МУФТ РЕДУКТОРА ВОМ ТРАКТОРА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ

Антощенко В.Н. к.т.н., доц.<sup>1</sup>, Шевченко И.А., к.т.н.<sup>1</sup>,  
доц., Левченко П.Н., асп.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

<sup>2</sup>Укр НИИПИТ имени Леонида Погорелого

*Приведена сравнительная оценка теплонагруженности гидродожимных муфт редуктора ВОМ трактора при разной интенсивности их включения.*

Введение. Переход тракторной энергетики от тяговой к тягово-энергетической концепции предусматривает передачу до 90% мощности двигателя к активным рабочим органам агрегатируемых сельхозмашин через вал отбора мощности (ВОМ) трактора. При этом первостепенными задачами являются задачи повышения надежности ВОМ трактора и его составных элементов.

Анализ основных публикаций. Обычно на сельскохозяйственных тракторах применяют независимые ВОМ [1] для привода рабочих органов прицепных комбайнов, машин для внесения удобрений и т.д. (рис.1).

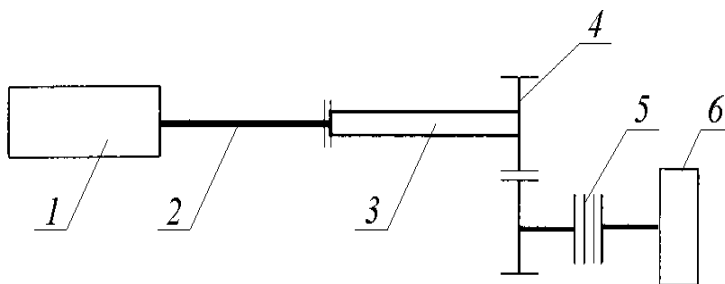


Рис.1. Схема ВОМ трактора: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2, 3 – валы; 4 – редуктор; 5 – гидродожимная муфта; 6 – рабочее оборудование

Типичной неисправностью данного ВОМ является перегрев редуктора (температуры выше 100°C), что является следствием пробуксовки гидродожимных муфт при их включении и срыва в замкнутом состоя-

нии при изменении момента инерции активных рабочих органов сельхозмашин. Данная неисправность приводит к повышенной теплонагруженности гидроподжимных муфт [3] и снижению надежности редуктора ВОМ трактора.

Целью исследования является оценка теплонагруженности гидроподжимных муфт редуктора ВОМ трактора при различной продолжительности его включения.

Результаты исследования. Теплонагруженность гидроподжимных муфт оценивается интенсивностью выделения теплоты средним увеличением температуры диска гидроподжимной муфты в конце одного включения. При этом учитывается средняя величина износа поверхности трения за время одного или нескольких включений и выключений муфты. Удельная тепловая нагруженность гидроподжимной муфты оценивается интенсивностью выделения теплоты  $\Delta Q_{cp}$  кДж/кг в трущихся поверхностях гидроподжимной муфты, которая эквивалентна средней величине мощности буксования за время одного включения (выключения) муфты [3, 4]:

$$\Delta Q_{cp} = \frac{L_{\delta}}{427 \cdot i_p \cdot S_p \cdot t_{\delta}}, \quad (1)$$

где  $L_{\delta}$  – работа буксования;  $i_p$  – число пар поверхностей трения;  $S_p = 0,0094 \text{ м}^2$  – площадь одной поверхности трения;  $t_{\delta}$  – средняя температура дисков в процессе включения и выключения гидроподжимной муфты (если считать, что теплоемкость и теплопроводность ведущих и ведомых дисков примерно одинакова и что все тепло, выделенное при буксовании, идет на нагрев дисков) может определяться по формуле:

$$t_{cp} = t_m \cdot 7 \cdot \frac{L_{\delta}}{427 \cdot i_p \cdot G_p \cdot C_m}, \quad (2)$$

где  $t_{cp}$  – средняя температура дисков в конце включения;  $t_m$  – средняя температура в начале процесса включения и выключения;  $i_p$  – число пар поверхностей трения;  $G_p$  – средняя масса диска,  $G_p = 2,85 \text{ кг}$ ;  $C_m$  – средняя теплоемкость материалов ведущего и ведомого дисков ( $C_m = 0,502 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$ ).

Параметры гидроподжимной муфты ВОМ тракторов серии ХТЗ - 160 и ХТЗ – 170 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры гидropоджимной муфты ВОМ

Наименование	Обозначения	Размерность	Величина
Давление рабочей жидкости	$P$	МПа	1
Количество пар трения		–	10
Средний радиус трения	$r_{cp}$	м	0,193
Площадь бустера	$S$	м <sup>2</sup>	0,0266446
Эффективная площадь буксования	$S_3$	м <sup>2</sup>	0,0139455
Коэффициент трения для пары МК5/Сталь 45	$\mu$	–	0,1625

В гидropоджимных муфтах редуктора ВОМ работа пар трения превращается в основном в тепло, нагревающее детали и частично уходящее в окружающую среду.

Нагрев фрикционных пар сопровождается повышением износа, снижением коэффициента трения и ухудшением эффективности действия фрикционных устройств. В процессе включения фрикционной муфты температура поверхностей трения при прочих условиях пропорциональна тепловой интенсивности и с течением времени буксования возрастает.

Приближенная начальная температура дисков может быть принята равной рабочей температуре жидкости в редукторе ВОМ. Допустимые значения  $\Delta Q_{cp}$  и  $\Delta t_{cp}$  для тракторов серии ХТЗ-160 и ХТЗ-170 устанавливаются экспериментально (табл. 2).

Таблица 2. Интенсивность выделения теплоты  $\Delta Q_{cp}$  и изменения температуры  $\Delta t_{cp}$  дисков гидropоджимной муфты ВОМ

Параметр	Группы сельскохозяйственных машин		
	I	II	III
$\Delta Q_{cp}, \frac{кДж}{кг}$	38,4	56,3	63,8
$\Delta t_{cp}, \text{град}$	2,16	3,90	4,12

*Примечание:* I – изменение нагрузки от нуля до максимума, II – знакопеременная нагрузка, III – нагрузка с большими амплитудами и частотой крутильных колебаний.

Максимальная температура поверхности будет в конце буксования и для ее определения можно принять некоторое среднее значение тепловой интенсивности, постоянной за время буксования фрикционной муфты.

Расчетная формула для определения температуры на контактной поверхности диска без учета отвода тепла жидкостью определяется по формуле [4]:

$$t_n = \frac{2kQ}{(1+k)C_m R} \left( t + \frac{h^2}{2a} \right) + t_n. \quad (3)$$

Температура в средней плоскости диска:

$$t_c = \frac{2kQ}{(1+k)C_m R} \left( t + \frac{h^2}{24a} \right) + t_n, \quad (4)$$

где  $t_n$  – начальная температура трения;  $\sigma = 1 - \frac{G}{z \cdot 2} \sum_1^{\infty} \frac{1}{h^2} l^{-4} \pi^2 n^2 f_0$ ;

$\delta = 1 + \frac{1}{\pi^2} \sum_1^{\infty} \frac{1}{h^2} (\cos \pi) c - 4\pi^2 n^2 f_0$ ;  $f_0 = \frac{Q\tau}{h^2}$  – критерий Фурье;

$Q = \frac{L\sigma}{427 \cdot f_0 \lg \tau}$  – плотность теплового потока при  $f_0 \geq 0,1$ ;  $\delta = 1$ .

Температура на поверхности диска с учетом отвода теплоты жидкостью определяется по формуле [4]:

$$t = 2 \frac{k}{1+k} \cdot \frac{Q \cdot (t_n - t_{\min}) \cdot t_{\max}}{t_m} \cdot \left[ 1 - l \cdot \rho \cdot \left( \frac{-t_{mn} + \frac{h^2}{129} \cdot v}{c\gamma\lambda} \right) \right] + t_n, \quad (5)$$

где  $t_m$  – температура жидкости на входе в редуктор ВОМ.

Исходные данные для теплового расчета гидropоджимной муфты редуктора ВОМ тракторов серии ХТЗ-160 и ХТЗ-170:

$H$  – толщина ведущего стального диска, мм,  $H = 1,8$  мм;

$h_1$  – толщина металлокерамического слоя ведущего диска,  $h_1 = 0,6$  мм;

$h_2$  – толщина стальной основы ведомого диска,  $h_2 = 1,4$  мм.

Теплофизические коэффициенты для стали:

$\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup> – плотность стали;

$C = 461$  Дж/кг·град – теплоемкость;

$\lambda = 45$  Вт/м·град – коэффициент теплопроводности;

$C'_p = 36,2 \cdot 10^2$  Дж/м<sup>3</sup>·град – объемная теплоемкость.

Теплофизические коэффициенты для металлокерамики:

$$\rho = 5700 \text{ кг/м}^3; \quad \lambda = 15,7 \text{ Вт/м}\cdot\text{град};$$

$$C_0 = 0,403 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}; \quad C = 691 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}; \quad C'_j = 39,4 \text{ Дж/м}^3\cdot\text{град}.$$

Теплофизические коэффициенты для ведомых дисков определяются как для многослойной конструкции, т.е. необходимо найти их эквивалентные значения:

$$\lambda_{\text{эКВ}} = \frac{\varepsilon^n n_i}{\varepsilon \frac{n_i}{k_i}} = 23,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}; \quad (6)$$

$$\left| C'_j \right|_{\text{эКВ}} = \frac{\varepsilon^n}{\varepsilon^n} = \frac{C_j i h_i}{n_i} = 3768, \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{град}}; \quad (7)$$

$$\text{эКВ} = \frac{\lambda_{\text{эКВ}}}{\left| C'_j \right|_{\text{эКВ}}} = 0,644 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^2/\text{с}; \quad (8)$$

$$k = \frac{\lambda}{\lambda_{\text{эКВ}}} \sqrt{\frac{Q_{\text{эКВ}}}{Q}} = 1,34. \quad (9)$$

Прирост температуры за одно включение без учета отвода тепла жидкости на поверхности диска будет:

$$\Delta t_n = 3,7 \text{ град};$$

$$Q = \frac{L_0}{427 \cdot F_0 \cdot i_0 \cdot \tau} = 27,5 \text{ кДж};$$

$$F_0 - \text{действительная поверхность трения, } 0,094 \text{ м}^2;$$

$$i_0 - \text{число пар поверхностей трения, } 10;$$

$$\Delta t_n = 3,7 \cdot 6,57 = 24,3 \text{ град}.$$

Повышение температуры в средней плоскости диска:

$$\Delta t_{cp} = 3,67 \text{ град};$$

$$\Delta t_{cp} = 3,67 \cdot 6,57 = 24,1 \text{ град}.$$

При оценке теплонапряженности гидropоджимной муфты редуктора ВОМ необходимо учитывать увеличение температуры на одно включение. Данное увеличение температуры находится в пределах  $+(4 \dots 8)^\circ\text{C}$ . Разгон активных рабочих органов сельскохозяйственных машин с помощью модернизированного привода ВОМ, обеспечивающего плавный разгон [5] в сравнении с серийным обеспечивает снижение теплонапряжен-

ности гидроподжимной муфты редуктора ВОМ тракторов серии ХТЗ-160 и ХТЗ-170 на 10...20%. (табл. 3).

Таблица 3. Результаты теплового расчета гидроподжимных муфт редуктора ВОМ тракторов серии ХТЗ-160 и ХТЗ-170

Параметр	Группы сельскохозяйственных машин		
	I	II	III
$L_0$ , кДж	$\frac{234,4}{243,4}$	$\frac{324,4}{338,6}$	$\frac{342,4}{359,6}$
	$\frac{0,204}{0,211}$	$\frac{0,206}{0,219}$	$\frac{0,228}{0,234}$
$\tau$ , с	$\frac{34,2}{36,4}$	$\frac{54,1}{57,2}$	$\frac{61,4}{63,5}$
	$\frac{4,3}{5,4}$	$\frac{6,8}{7,0}$	$\frac{7,4}{8,1}$

*Примечание:* обозначение групп сельскохозяйственных машин по табл. 2; в числителе – параметры теплонагруженности при модернизированном приводе ВОМ, в знаменателе – при серийном.

**Выводы.** Применение на тракторах ВОМ, обеспечивающих плавный разгон активных рабочих органов сельхозмашин, снижает теплонапряженность гидроподжимной муфты редуктора ВОМ на 10...20%.

#### Список использованных источников

1. Ксеневиц, И.П. Тракторы. Проектирование конструирование и расчет [Текст] / И.П. Ксеневиц, В.В. Гуськов, Н.Ф. Бокаров и др. Под общ. ред. И.П.Ксеневица. – М.: Машиностроение, - 1991. – 544 с.
2. Антощенко В.Н. Анализ работоспособности вала отбора мощности / В.Н. Антощенко, Н.П. Артемов, И.А. Шевченко, В.А. Толстолуцкий // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХНТУСГ. – Х.: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 39. – С. 96–100.
3. Гапоян Д.Т. Фрикционы автоматических коробок передач [Текст] / Д.Т. Гапоян. – М.: Машиностроение, 1966. – 167 с.
4. Теплообмен и теплотехнический эксперимент: Справочник / Под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: энергоиздат, 1982. – 510 с.
5. Антощенко В.Н. Плавный разгон активных рабочих органов сельскохозяйственных машин / В.Н. Антощенко, И.А. Шевченко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Х.: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 75, т.1. – С. 269-275.

## **Анотація**

### **ТЕПЛОАВАНТАЖЕНІСТЬ ГІДРОПІДТИСКИХ МУФТ РЕДУКТОРА ВВП ТРАКТОРА ЗА РІЗНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ЇХ ВКЛЮЧЕННЯ.**

**Антощенко В.М., Шевченко І.О., Левченко П.М.**

*Наведено порівняльну оцінку теплового навантаження гідروідтиських муфт редуктора ВВП трактора при різній інтенсивності їх включення.*

## **Abstract**

### **THERMALLY LOADED CLUTCH GEAR TRACTOR PTO AT DIFFERENT INTENSITIES OF THEIR INCLUSION.**

**V. Antoshchenkov, I. Shevchenko, P. Levchenko.**

*Comparative evaluation of heat load clutch gearbox PTO tractor with varying intensity of their inclusion.*