

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ  
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ  
ДВУХМЕСТНОГО ПРЯДИЛЬНОГО МОДУЛЯ  
В ПУСКОВОМ РЕЖИМЕ**

*Н.И. ФИЛАТОВА, А.А. ТЕЛИЦЫН, Ю.А. ХАРЗИН*

(Костромской государственной технологической университет)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

**В статье представлены результаты испытания червячных передач с выпукло-вогнутым (ZT) профилем в нестационарно-пусковом режиме.**

*The test results of the worm gears with a convexo-concave (ZT) profile in a transient-starting condition are presented in the article.*

**Ключевые слова: червячная передача, выпукло-вогнутый профиль, самокруточный прядильный модуль.**

В работе [1] приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований по определению долговечности (срока службы) червячных передач эвольвентного (ZA) и выпукло-вогнутого (ZT) профилей при стационарном режиме, соответствующем реальным условиям работы самокруточного прядильного модуля, которые показали, что ресурс работы пары ZT в 2,6...3,2 раза превышает ресурс работы ZA. Однако в результате остановок прядильного самокруточного модуля из-за необходимости его обслуживания (обрыв пряжи, мычки, ровницы) быстроходные червячные колеса в приводе вытяжного

прибора при последующем пуске непродолжительное время будут находиться в условиях смазки, сильно отличных от условий смазки при установившейся скорости. При пуске в зацеплении возникают дополнительные динамические нагрузки, что может привести к более интенсивному изнашиванию зубьев червячных колес. Поэтому решено было сделать серию испытаний в переходном режиме, при этом экспериментам подвергались только червячные передачи ZT.

Время пуска по известным рекомендациям должно составлять не менее 1,5 секунд [1]. Исследования проводились при

скорости скольжения, составляющей 70% критической скорости возникновения жидкостного трения [2], при максимальных нагрузках пускового режима, возникающих при времени пуска 1,5; 2,0, 3,0, 4,0 и 5,0 с. Частота вращения на валу червяка при испытаниях в режиме пуска стенда составила:

$$n = 0,7 \frac{1000V_s}{\pi d_1},$$

где  $V_s$  – скорость скольжения в передаче, соответствует скорости выпуска пряжи 200 м/мин;  $d_1$  – делительный диаметр червяка,  $d_1 = 40$  мм.

Тарировка вариатора в режиме пуска проводилась аналогично тарировке вариатора в стационарном режиме [1]. Показания амперметра и вольтметра представлены в табл. 1.

Таблица 1

Общая вытяжка (ОВ)	Статический момент на червячном колесе $T_{стат5}$ , Н*м	Скорость скольжения в передаче $V_s$ , м/мин	Частота вращения червяка $n$ , мин <sup>-1</sup>	Вес груза $G$ , кг	Ток в обмотках двигателя $I$ , А	Напряжение $V$ , В
8	4,013	224,94	1100	69,5	2,07	120
30	2,426			42	1,875	114

Время, в течение которого червячная передача в приводе вытяжного прибора будет работать в режиме полужидкостного трения за час работы:

$$t = k_1 k_2 t_{пуска},$$

где  $t_{пуска}$  – время пуска, с;  $k_1$  – количество остановок двухместного модуля за час работы,  $k_1=3$  – это соответствует максимальному количеству остановок в час при производстве пряжи из ПАН-волокон;  $k_2$  – количество пусков модуля при устранении каждого технологического обрыва;  $k_2 = 1$ , поскольку процесс проброса мычек через камеры АКУ происходит при очень малых скоростях (порядка 30 метров в минуту), и возникающие при этом динамические нагрузки нами не учитывались.

Чтобы оценить износ поверхностей зубьев в нестационарном режиме, длительность испытаний на стенде должна составлять:

$$t_d = t T_{год} n_{год} n_{смен} t_{смен} / 3600,$$

где  $T_{год}$  – регламентируемый срок службы червячной передачи, лет [1];  $n_{год}$  – количество рабочих дней в году,  $n_{год} = 265$  дней;  $n_{смен}$  – количество смен,  $n_{смен} = 2$ ;  $t_{смен}$  – количество часов в смену,  $t_{смен} = 8$  час.

Назначенные в результате расчетов значения времени испытаний червячных колес в режиме граничного трения приведены в табл. 2. Общее время испытаний составило 391 час.

Таблица 2

Время пуска $t_{пуска}$ , с	Время работы $t$ в режиме полужидкостного трения при пуске, с	Регламентированный срок службы $T_{год}$ , лет	Длительность испытаний $t_d$ , ч
1,5	4,5	7	40
2	6		50
3	9		75
4	12		100
5	15		126

Результаты эксперимента приведены в табл. 3 (значение величины износа  $\Delta\delta_d$  зубьев червячного колеса ZT-профиля в режиме граничного трения), из которой

видно, что в интервале времени пуска от 1,5 до 5 секунд корреляционной связи между временем пуска и величиной износа не обнаруживается.

Т а б л и ц а 3

Наименование параметров	Значения параметров				
Общая вытяжка (ОВ)	30				
Время пуска $t_{\text{пуска}}$ , с	1,5	2	3	4	5
Статический момент на червячном колесе $T_{\text{стат5}}$ , Н·м	0,988				
Динамический момент на червячном колесе $T_{\text{дин5}}$ , Н·м	1,438	1,078	0,719	0,539	0,431
Суммарный момент в пусковом режиме на червячном колесе $T_5$ , Н·м	2,426	2,066	1,707	1,527	1,419
Время работы станда $t_d$ , ч	40	50	75	100	126
Величина износа $\Delta\delta_d$ , мм	0,048	0,052	0,052	0,058	0,050

Максимально допустимый износ зубьев червячного колеса составляет  $\Delta\delta_{\text{max}}=1,55$  мм [1]. Величина износа при стационарном режиме с учетом износа при пуске при общей вытяжке ОВ= 30 в этом случае составит:

$$\Delta\delta_{\text{Сmax}} = \Delta\delta_{\text{max}} - \Delta\delta_d = 1,55 - 0,048 = 1,502 \text{ мм.}$$

Интенсивность износа в пусковом режиме при времени пуска  $t_{\text{пуска}}=1,5$  с составит:

$$J_d = \frac{\Delta\delta_d}{t_d} = 0,048/40 = 0,0012 \text{ мм/ч.}$$

Срок службы при двухсменном режиме работы и 265 рабочих днях в году, при пуске  $t_{\text{пуска}}=1,5$  с и общей вытяжке ОВ=30 составит:

$$t = \frac{\Delta\delta_{\text{Сmax}}}{J_c} + \frac{\Delta\delta_d}{J_d} = 1,502/0,0000612 + 0,048/0,0012 = 24527,12 \text{ ч,}$$

где  $J_c$  – интенсивность износа при стационарном режиме [1].

## ВЫВОДЫ

Экспериментально установлено, что для двухместных модулей червячная передача ZT достигнет предельного износа при общей вытяжке ОВ=30 за 5,78 года эксплуатации при скорости выпуска пряжи 200 метров в минуту и количестве остановок модуля за час работы, равном 3.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Филатова Н.И., Телицын А.А., Миндовский С.К., Кожевников Д.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №4С. С.96...99.
2. Кривенко И.С. Новые типы червячных передач на судах. – Л.: Судостроение, 1967.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.