

К РАСЧЕТУ ЗУБЧАТО-РЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ

Причиной преждевременного выхода зубчатых ремней из строя является повышенная нагруженность зубьев, обусловленная назначением нагрузки вне зависимости от числа зубьев шкива и числа зубьев на дуге его обхвата. В принятом расчете [1, 2, 3] зубчато-ременных передач (ЗРП) рекомендуемые числа зубьев меньших шкивов соответствуют ремням с более высокими значениями физико-механических характеристик по сравнению с серийными. Ввиду этого для обеспечения долговечности передач порядка 3000 и более часов наряду с увеличением рекомендуемого числа зубьев меньшего шкива необходимо расчет удельного (приходящегося на единицу ширины ремня) окружного усилия проводить не только в зависимости от числа Z_m зубьев меньшего шкива и числа Z_0 зубьев на дуге его обхвата, но и с учетом скорости передачи и длины ремня.

Нагруженность ремня, и следовательно, его долговечность определяется его шириной [3]:

$$B = F_p / F_y, \text{ мм}, \quad (1)$$

где F_p — передаваемое расчетное окружное усилие; F_y — удельное расчетное окружное усилие.

Удельное расчетное окружное усилие, являясь, как видно из формулы (1), параметром, ответственным за долговечность, определяется формулой [3]

$$F_y = [F_0] C_u C_z C_n, \quad (2)$$

где $[F_0]$ — допускаемое удельное окружное усилие; C_u — коэффициент, учитывающий передаточное число; C_z — коэффициент, учитывающий число зубьев на дуге обхвата меньшего шкива, определяемый выражением $C_z = 1 - 0,2(6 - Z_0)$; C_n — коэффициент, учитывающий наличие натяжного ролика.

Нагруженность зубьев ремня, характеризуемая отношением F_p / Z_0 , является основным фактором, определяющим долговечность. Влияние числа зубьев дуги обхвата на их нагруженность учитывается в формуле (2) коэффициентом C_z , который принимает значение, меньшее единицы, лишь для случая $Z_0 < 6$. Для $Z_0 \geq 6$ (в том числе как для $Z_0 = 6$, так и для $Z_0 = 12$) коэффициент C_z равен единице. Очевидно, что принятые значения коэффициента C_z [1–3] не учитывают в должной мере различную нагруженность и, следовательно, различную долговечность зубьев. Испытания показали, например, что при нагрузках на один зуб, отличающихся друг от друга в два раза (при $Z_0 = 6$ и $Z_0 = 12$), значения долговечности ЗРП отличаются почти на порядок. Следовательно, коэффициент C_z , используемый в расчете нагрузки, должен более широко учитывать число Z_0 .

Попыткой отразить в расчете нагрузки влияние нагруженности зубьев на долговечность было уменьшение [3] значения допускаемого окружного

усилия для ремней с модулем 4...10 мм в среднем на 25 % по сравнению с принятым ранее [1, 2]. Однако и при уменьшенных нагрузках для передач с малым числом зубьев шкивов и особенно при малых межцентровых расстояниях наблюдались случаи быстрого выхода зубчатых ремней из строя.

Долговечность ЗРП в значительной мере зависит также от числа Z_M зубьев меньшего шкива не только из-за возможности получения малых чисел Z_0 , но и из-за затрудненного вследствие интерференции входа зубьев в зацепление. Входное трение, вызывающее износ зубьев ремня, возрастает с уменьшением числа зубьев шкива. Отсутствие в формуле (2) коэффициента, который учитывает число Z_M , допустимо в том случае, если число зубьев шкива назначается в узком интервале (например, $Z_M = 16...18$ или $Z_M = 20...22$), соответствующем незначительному изменению нагруженности зубьев. При значительно отличающихся числах зубьев (например, $Z_M = 16$ и $Z_M = 22$), но прочих равных условиях (например, $Z_0 = 7$) значения долговечности из-за различного входного трения отличаются друг от друга в 2,5...3 раза. Таким образом, чис-

Таблица 1

u	1	1,0–0,8	0,8–0,6	0,6–0,4	0,4–0,3	0,3
C_u	1,00	1,00–0,98	0,98–0,93	0,93–0,85	0,85–0,80	0,80

Таблица 2

Z_M	15–18	18–21	21–25	27–31	31–35
C_{Z_M}	0,85–0,90	0,9–0,93	0,93–0,95	0,95–0,98	0,98–1,00

Таблица 3

Z_0	4–5	5–7	7–9	9–11	11–13
C_{Z_0}	0,60–0,70	0,70–0,85	0,85–0,90	0,90–0,96	0,96–1,00

Таблица 4

$a, \text{мм}$	200–250	250–350	350–500	500–700	700
C_a	0,80–0,85	0,85–0,88	0,88–0,94	0,94–0,98	1,0

Таблица 5

$v, \text{м/с}$	до 5	5–10	10–15	15–20	20–25	25–30	30
C_v	1,0	1,0–0,9	0,9–0,8	0,8–0,7	0,7–0,6	0,6–0,5	0,4

ло зубьев шкива является важным параметром, который необходимо учитывать при расчете нагрузок.

Длина ремня или межцентровое расстояние передачи, определяя частоту нагружения зубьев ремня, также оказывает заметное влияние на долговечность. Дополнительное снижение долговечности, связанное с уменьшением длины ремня, обусловлено нагревом ремня из-за возрастания частоты пробегов, а также повышением неравномерности нагрузки вдоль длины зубьев ремня. Последнее вызвано одинаковым допуском на непараллельность осей валов для различных межцентровых расстояний [1, 2, 3].

Величина окружного усилия согласно формуле (2) рассчитывается практически независимо от скорости, в то время как повышенный износ зубьев ремня при высоких скоростях требует уменьшения нагрузки. Формула, предложенная в [1, 2, 3], которая требует увеличения ширины ремня с возрастанием скорости из-за действия центробежных сил, явно неудачна, так как не отражает действительного влияния скорости на процесс утраты работоспособности. Представляется рациональным при расчете окружного усилия вместо указанной формулы использовать в формуле (2) коэффициент C_v , значения которого, учитывающие влияние скорости на износ ремня, установлены опытными путем при испытаниях.

С учетом изложенного и результатов многочисленных ресурсных испытаний для обеспечения долговечности порядка 3000 и более часов рекомендуется при расчете удельного окружного усилия пользоваться зависимостью

$$F_y = [F_0] C_u C_n C_a C_{z_0} C_{z_m} C_v \quad (3)$$

Коэффициенты, входящие в формулу (3) и отличающиеся по своим значениям от рекомендуемых в [1, 2, 3], приведены в табл. 1–5. При определении ширины ремня по формуле (1) следует иметь в виду, что из всех спиралей металлотроса, расположенных с шагом навивки 2 мм в поперечном сечении ремня, крайние не могут в полной мере воспринимать нагрузку. Поэтому формула (1) приобретает вид $B = F / F_y + 5$, мм. Дальнейшие последовательность и содержание расчета ЗРП соответствуют приведенным в ОСТ 38.05227–81.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник металлста /Под ред. С.А.Чернавского и В.Ф.Решетова. — М., 1976, т.1, с. 549–555. 2. В о р о б ь е в И.И. Ременные передачи. — М., 1979, с. 116–155. 3. ОСТ 38 05227–81. Передачи зубчатым ремнем. Метод расчета.