

– S. 271-280. 7. Андреев А.Г., Щеткин А.В. О рациональном технологическом нагреве бандажного колеса при сборке колесной пары тепловоза // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Сб. научных трудов ХГПУ. – Вып. 7. Ч. 1. – 1999. – С. 240-243. 8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – Москва, Мир, 1975. – 541 с. 9. Подгорный А.Н., Гонтаровский П.П., Киркач Б.Н. и др. Задачи контактного взаимодействия элементов конструкций. – Киев: Наукова думка, 1989. – 232 с. 10. Миллер В.С. Контактный теплообмен в элементах высокотемпературных машин. – Киев: Наукова думка. – 1966. – 164 с. 11. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М., Мир, 1979. – 392 с. 12. Приложение методов теории пластичности и ползучести к решению инженерных задач машиностроения: В. 2 ч. Ч. 2: Можаровский Н.С. Качаловская Н.Е. Методы и алгоритмы решения краевых задач. – Киев, Вища школа, 1991. – 287 с. 13. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М., Физматгиз, 1963. – 660 с. 14. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

*Надійшла до редколегії 14.05.2004*

УДК 621.825

**В.И.МАЦ**, канд.техн.наук, **Ю.А.ОСТАПЧУК**, канд.техн.наук, НТУ «ХПИ»

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ УПРУГОЙ МУФТЫ С РАДИАЛЬНЫМИ ПАКЕТАМИ ПРУЖИН**

В роботі розглядається питання комплексної оцінки параметрів пружної муфти з радіальними пакетами пружин. Найважливішим моментом є правильний вибір числа пакетів, числа пластин в пакеті, товщини і довжини пакета з урахуванням максимального використання нелінійної ділянки характеристики при одночасному забезпеченні максимально можливого демпфування і енергоємності муфти, а також можливої конструктивної реалізації. Одержана система рівнянь і нерівнянь для розрахунку цих параметрів.

При проектировании упругих муфт необходимо учитывать весь комплекс вопросов, связанных с определением их параметров (статическая характеристика, жесткость и демпфирование, энергоёмкость).

В работе [1] была получена кусочно-нелинейная статическая характеристика муфты с радиальными пакетами пружин (рис. 1). В то же время в работе не было показано, как выбирать параметры  $m, n, \delta, h$  с учетом максимального использования нелинейного участка характеристики при одновременном обеспечении максимально возможного демпфирования и энергоёмкости муфты, а также возможной конструктивной реализации.

Целью настоящей работы является комплексный учет всех перечисленных факторов при проектировании муфты.

Характеристика имеет 2 линейных и 1 нелинейный участок (рис. 2).

В случае прямолинейного паза характеристика муфты на первом линейном участке

$$M_{(\alpha)} = \frac{mnb\delta^3(R_1 + h)^2}{4h^3}\alpha,$$

где  $m$  – число пакетов,  $n$  – число пластин в пакете,  $\delta$  – толщина пластин.

На нелинейном участке характер зависимости имеет вид

$$M_{(\alpha)} = \frac{Emnb\delta^3(\alpha + \alpha_m)^3}{54(h\alpha_m - R_1\alpha)^2} \left( R_1 + \frac{h\alpha_m - R_1\alpha}{\alpha + \alpha_m} \right)$$

где  $\alpha_m$  – половина угла паза.

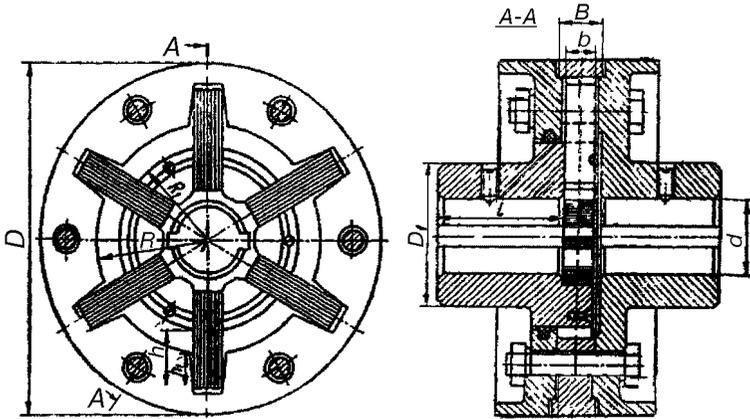


Рисунок 1 – Упругая муфта с радиальными пакетами пружин

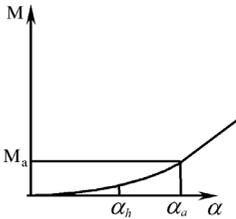


Рисунок 2 – Характеристика муфты

При достижении угла поворота

$$\alpha = \alpha_a = \frac{(3h - a)\alpha_m}{3R_1 + a}$$

Характеристика снова становится линейной и имеет вид

$$M = \frac{Emnb\delta^3(R_1 + a)^2}{4a^3} \alpha - M_0,$$

где  $M_0 = \frac{Emnb\delta^3(R_1 + a)(h - a)\alpha_m}{4a^3}$ ; где

$$a = h - h_1.$$

В то же время в работе не было показано как выбирать параметры  $m, n, \delta, h$  с учетом максимального использования нелинейного участка характеристики при одновременном обеспечении максимально возможного демпфирования и энергоемкости муфты, а также возможной конструктивной реализации.

С учетом максимально возможного использования нелинейного участка характеристики, а также из условия изгибной прочности пластин получим

$$\delta \geq \sqrt{\frac{2aM_{\max}}{mnb[\sigma_u](R_1 + a)}}, \quad (1)$$

$$\alpha_m = \frac{3R_1 + a}{E(R_1 + h)} \sqrt{\frac{mnb(R_1 + a)[\sigma_u]^3}{2M_{\max}}} \quad (2)$$

где  $M_{\max}$  – максимальный момент, передаваемый муфтой.

Из условия компоновки пакетов имеем

$$mn\delta \leq \pi d \mp \Delta m, \quad (3)$$

где  $\Delta$  – минимальное расстояние между соседними пакетами по окружности  $\pi d$ .

Из условия максимальной энергоемкости

$$mn\delta\Delta \leq \max \pi d,$$

то есть

$$mn\delta = \frac{\pi d \mp m\Delta}{\Delta}. \quad (4)$$

Сюда необходимо добавить реализацию максимально возможного демпфирования, которое обеспечивается максимальным числом поверхностей трения

$$mn = \max. \quad (5)$$

Кроме того, для максимального использования нелинейного участка характеристики необходимо выполнение условия

$$\alpha_a - \alpha_h = \frac{(3h - a)\alpha_m}{3R_1 + a} - \frac{2\alpha_m h}{3R_1/b + h} = \max. \quad (6)$$

При выборе длины пластин  $h$  из условия конструктивной реализации накладывается ограничение

$$h \leq \frac{D - 2R_1 - \Delta}{2}, \quad (7)$$

где  $\Delta$  – минимальный размер между впадиной паза и наружным диаметром полумуфты, обеспечивающим ее прочность.

Из формулы (4) имеем

$$mn = \frac{\pi d - m\Delta}{\delta}. \quad (8)$$

Подставляя это выражение в условие (1) получим

$$\delta \geq \frac{2aM_{\max}}{[\sigma_u](R_1 + a)(\pi d - m\Delta)}. \quad (9)$$

Легко сообразить, что

$$m < \pi d / \Delta. \quad (10)$$

Таким образом, определение параметров муфты сводится к удовлетворению условий (2)-(10). При этом необходимо задаться предельно возможным значением  $\Delta$ , а затем, после выбора числа пакетов и числа пластин, пересчитать окончательно  $\Delta$ . После подсчета неравенств (9) необходимо выбрать минимально возможное  $\delta$  из ряда стандартных пластин, т.к. при фиксированном  $m$  уменьшается  $n$  и соответственно демпфирующая способность  $mn$ . При подсчете  $n$  по формуле (8) его необходимо округлить в меньшую сторону до целого числа для обеспечения значения  $\Delta$  больше минимального.

Рассмотрим алгоритм вычисления  $m, n, \delta, h$  на примере муфты с параметрами [2]:  $M_{\max} = 7,35 \cdot 10^4$  нм;  $d = 25$  мм;  $D = 120$  мм;  $[\sigma_u] = 0,5\sigma_T$ . Примем материал пластин Сталь 65 с  $\sigma_T = 780$  Мпа [3]. Получая  $\Delta = 5$  мм, а  $R_1 = 0,3 D$ ,

получим  $h \leq 19$  мм. Практически значение  $t$  лежит в диапазоне  $4 \leq t \leq 20$ , причем принимаются, как правило, четные значения.

Значение радиального зазора между полумуфтами лежит в пределах  $6 \div 8$  мм. Примем  $a = 6$  мм.

Из условия (10) следует  $t < 15,7$ . Принимая последовательно  $t = 5, 6, 8, 10, 12, 14$  из условия (9) находим минимально возможные значения  $\delta$ . На рис. 3 представлены зависимости максимальной энергоёмкости муфты от числа пакетов при различных значениях  $\delta$ , а на рис. 4 зависимости максимального демпфирования от тех же параметров.

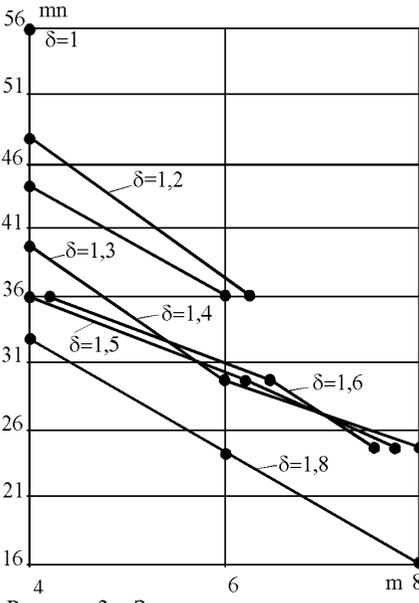


Рисунок 3 – Зависимость энергоёмкости муфты от числа пакетов

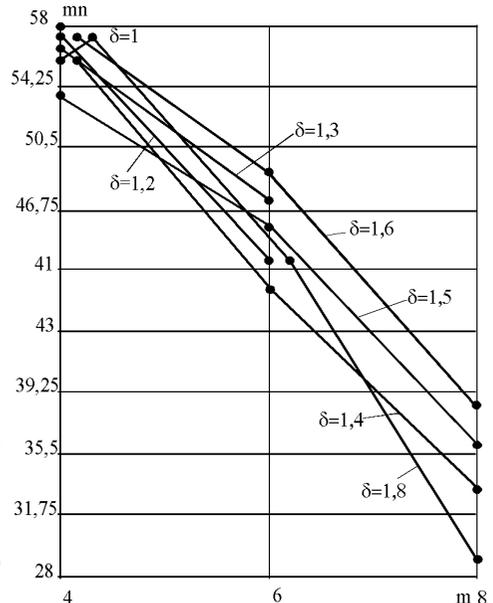


Рисунок 4

Таким образом, выбирая необходимый критерий (максимальная энергоёмкость или максимальное демпфирование) определяют окончательно параметры  $t, n, \delta$ . В частности для данной муфты такими параметрами являются  $t = 4$ ;  $n = 12$ ;  $\delta = 1,2$  мм, которые обеспечивают  $mn = 48$  и  $mn\delta = 57,6$ . И окончательно по зависимости (1) выбираем значение угла паза при условии (7), согласно которому  $h \leq 19$  мм.

**Список литературы:** 1. Мац В.И., Голендер В.А. Вопросы оптимизации параметров муфты с радиальными пакетами пружин с учетом ее статической характеристики // Детали машин. – 1983. – Вып. 36. 2. Поляков В.С. и др. Справочник по муфтам. – Ленинград, Машиностроение. – 1979. – 344 с. 3. Самохвалов Я.А. и др. Справочник техника-конструктора. – Киев, Техніка. – 1978. – 593 с.

Поступила в редколлегию 29.04.04