

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИБКОГО КОЛЕСА С ГЕНЕРАТОРОМ ВОЛН

Стрельников В.Н., Суков Г.А., Суков М.Г. (ПАО «НКМЗ», Краматорск, Украина)
Тел.: +38 (06272) 2-53-91; Факс: +38 (06264) 7-22-49; E-mail: rs@nkmz.donetsk.ua

Аннотация. Выполнены экспериментальные исследования силовых факторов в контакте дисков генератора волн с гибким колесом волновой передачи. Установлено распределение силы, действующей на диски генератора волн со стороны гибкого колеса, от величины вращающего момента на тихоходном валу волнового редуктора.

Ключевые слова: редуктор, диск, гибкое колесо, нагрузка, сила, тензорезистор.

1. Введение

Перспективным направлением улучшения показателей массы и габаритов крупных редукторов, при одновременном повышении их несущей способности, являются передачи с дифференцированием вращающего момента на ряд параллельных силовых потоков, как например в волновых передачах. Благодаря многопоточности при редукции вращения, волновые передачи удовлетворяют требованиям снижения габаритов, массы и шумовой мощности. Актуальность работы состоит в оптимизации технических характеристик волновых редукторов на стадии проектирования. Аналитические выводы подтверждаются результатами выполненных экспериментов.

2. Основное содержание и результаты работы

Экспериментальные исследования волнового зубчатого редуктора механизма поворота передвижного миксера проводились на универсальном стенде с разомкнутым силовым контуром. Параметры редуктора: габаритные размеры, мм, $2865 \times 1660 \times 1870$; масса, кг, 8406 ; передаточное число: редуктора 2163 , волновой передачи 380 .

Гибкое колесо 1 под действием генератора волн деформируется и осуществляет непрерывную передачу вращательного движения между соосными валами волновой передачи (рис. 1). Для оценки нагрузки на генератор волн, установим значения и характер изменения силовых факторов в контакте с гибким колесом [1, 2].

Генератор волн состоит из трех дисков 2 радиуса r установленных с эксцентриситетом e на быстроходном валу [3]. Давление на гибкое колесо определяется тензорезисторами 3, смонтированными симметрично с двух сторон на каждый диск генератора. Место установки тензорезисторов отделено сквозными пазами 4. Сигнал от тензорезисторов регистрируется при вращении генератора волн с частотой $n_1 = 5$ об/мин.

Тарировка тензорезисторов выполняется путем сопоставительного анализа приложенных радиальных усилий R_1, R_2, \dots, R_k , измеряемых с помощью динамометра, связанного с выделенной пазами 4 областью диска 2 установки тензорезисторов 3, и соответствующих данных тензометрии. Вычисляется удельное давление $q_k, Н/град$

$$q_k = \frac{R_k}{\Delta\varphi}, \quad (1)$$

Для определения характера распределения нагрузки q_k относительно большой оси генератора волн на осциллограмме (рис. 2) ставится отметка момента совмещения большой оси генератора волн и радиальной прямой, проходящей через середину локализованного участка диска — места монтажа тензорезисторов.

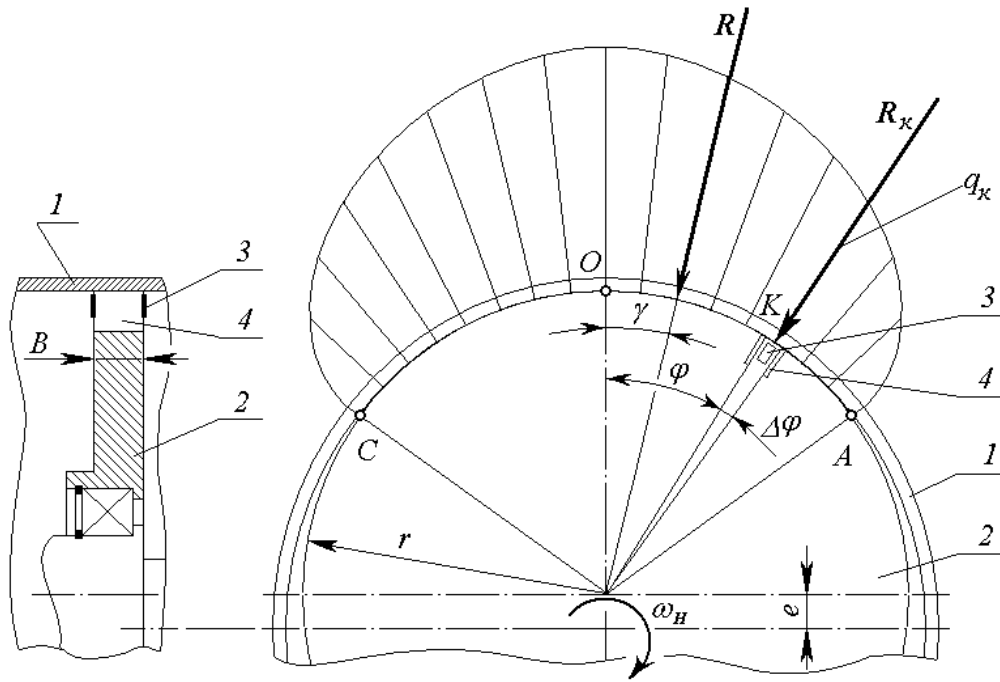


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия генератора волн с гибким колесом: 1 – гибкое колесо, 2 – диск генератора волн, 3 – тензорезистор, 4 – сквозной паз

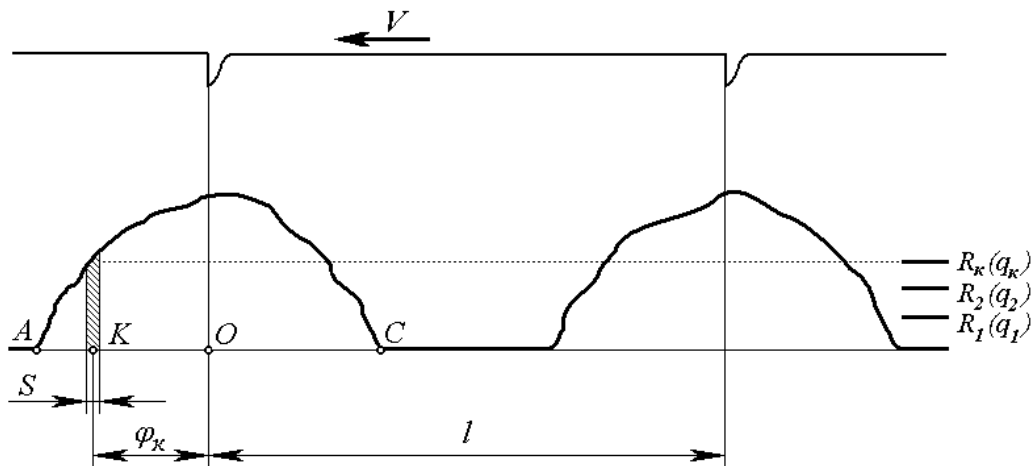


Рис. 2. Осциллограмма давлений в контакте дисков генератора волн с гибким колесом

Момент замыкания контактов фиксируется на осциллограмме и соответствует углу поворота генератора $\varphi = 0$. Отклонения установки контактов не должны превышать $\pm 3^\circ$. По результатам вычисления удельного нормального давления q_k в соответствии с формулой (1), строится вертикальная шкала, причем, угловая координата φ_k (рис. 2) отсчитывается по горизонтали и вычисляется по формуле

$$\varphi_k = 180^\circ \frac{OK}{l}. \quad (2)$$

Положительное значение угла φ_k принято от максимальной оси генератора волн в сторону его вращения ω_H . Направление протяжки ленты осциллографа

обозначено V (рис. 2). По результатам вычислений (1) и (2) строятся кривые распределения давления q на дуге контакта диска генератора волн с гибким колесом для различных крутящих моментов на тихоходном валу редуктора (рис. 3).

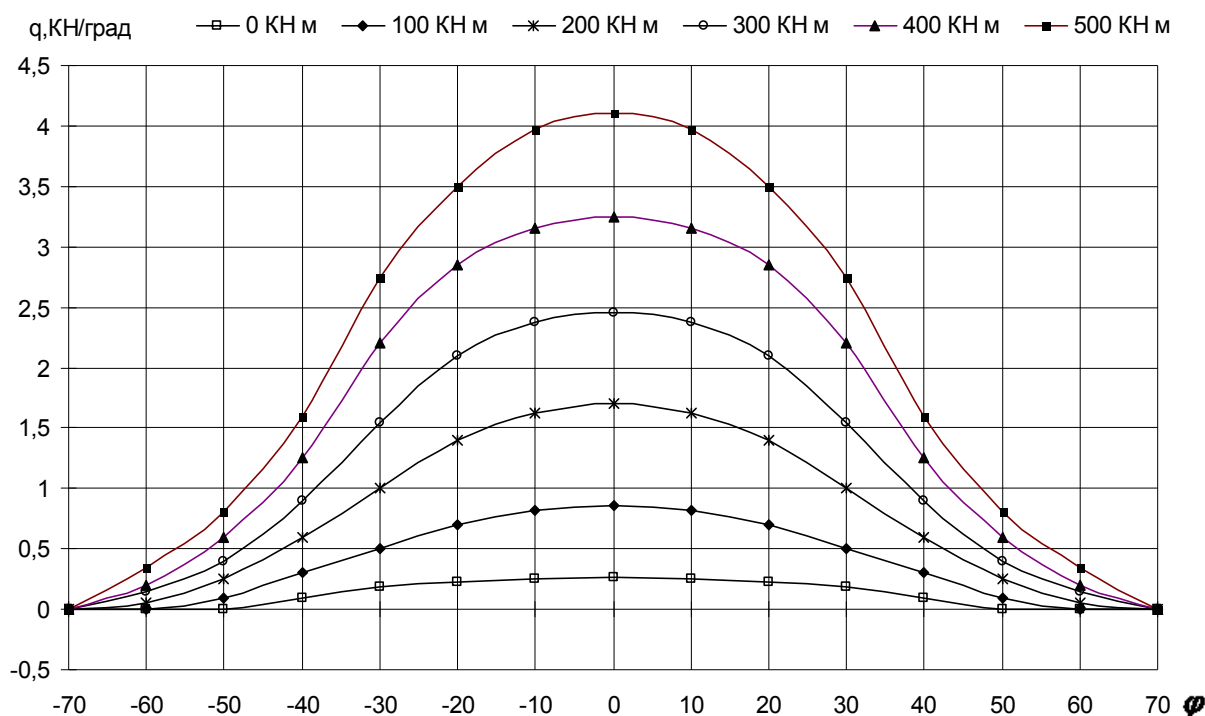


Рис. 3. Зависимость распределения нагрузки q приложенной к гибкому колесу со стороны дисков от положения главной оси генератора волн и величины вращающего момента $M_2 = (0, 100, 200, \dots, 500) \text{ КН м}$

По графикам вычисляется радиальная нагрузка R действующая на гибкое колесо со стороны диска, а также угол γ между результирующим вектором и большой осью генератора волн. Результирующая сила R равна сумме проекций элементарных сил на ось, совпадающую с вектором R . Для этого разбивают горизонтальную ось на участки S , каждый из которых соответствует значению некоторого угла φ_k . Далее определяется среднее значение нагрузки q_k на выделенном участке осциллограммы S . С помощью полученных значений нагрузки q_k вычисляется результирующая сила R , действующая на диск генератора волн со стороны гибкого колеса

$$R = \sum_l^k q_k S \cdot \cos(\varphi_k - \gamma) = S \cdot \sum_l^k q_k \cos(\varphi_k - \gamma). \quad (3)$$

Значения q_k определяются в виде среднеквадратичных величин нескольких данных, полученных из ряда осциллограмм для одного и того же момента замера угла φ_k [4]. Установим угловую координату γ , определяющую положение точки приложения результирующей силы R к диску генератора волн

$$\gamma = \frac{\sum_k q_k \sin \varphi_k}{\sum_k q_k \cos \varphi_k} \approx \frac{\sum_k q_k \varphi_k}{\sum_k q_k}. \quad (4)$$

По результатам вычислений результирующей силы R (3) и угла γ (4) строится график зависимости радиальной силы R от вращающего момента M_2 (рис. 4).

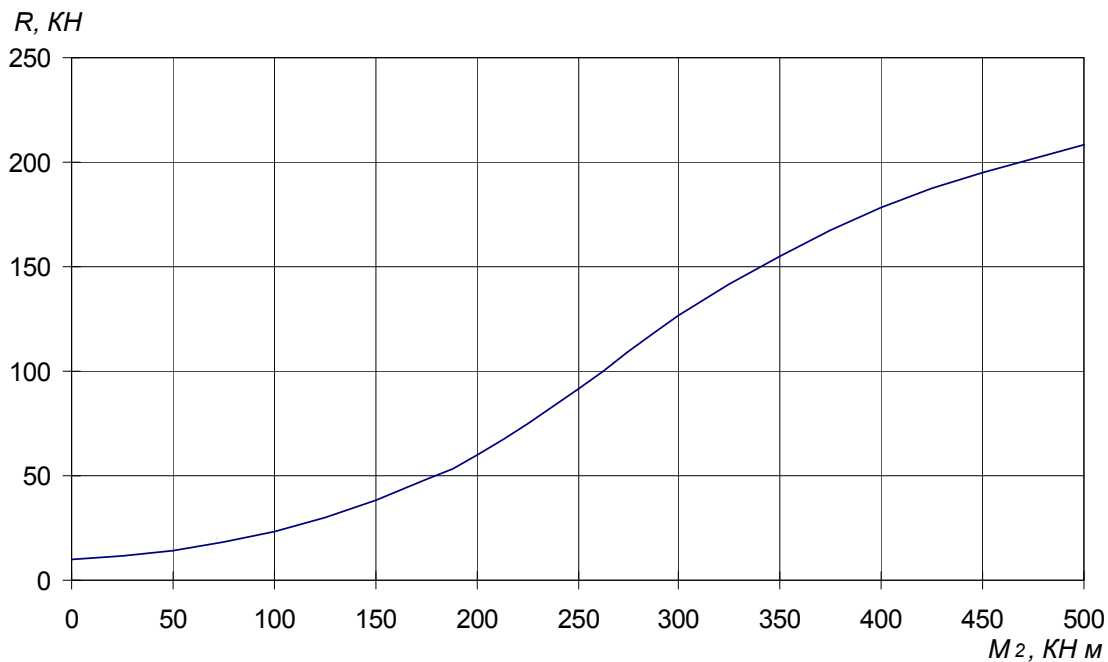


Рис. 4. Зависимость радиальной силы R действующей на диск генератора волн от величины крутящего момента M_2 на тихоходном валу

Значения радиальной силы R и угловой координаты ее приложения γ можно вычислить по осциллограмме (рис. 2). Для этого необходимо разбить отрезок AC на ряд ($25 \div 30$) равных частей (точками K). В каждой такой точке необходимо провести соответствующую вертикальную линию Y_k . Из уравнений (1) и (2) необходимо подставить полученные значения в выражение (3) и определить искомые величины

$$R = m \sum_k Y_k \cos \left(180^\circ \frac{OK}{l} - \gamma \right), \quad \gamma = \frac{180^\circ}{l} \frac{\sum_k Y_k \cdot OK}{\sum_k Y_k},$$

где m — масштаб сигнала, определяемый при тарировке.

Получено экспериментально распределение нагрузки, приложенной к гибкому колесу со стороны дисков генератора волн, в зависимости от положения главной оси, при различной величине крутящего момента на тихоходном валу волновой передачи. Установлен характер распределения результирующей силы, действующей на диски генератора волн со стороны гибкого колеса, от величины

вращающего момента на тихоходном валу испытуемого волнового редуктора.

3. Выводы

1. Разработана методика определения силовых факторов действующих на гибкое колесо волновой зубчатой передачи с дисковым генератором волн.

2. Методом тензометрии получены осциллограммы радиальных перемещений локализованных элементов дисков генератора волн, вызванные действием гибкого колеса, при различной нагрузке волновой передачи.

3. В процессе обработки осциллограмм перемещений использовались среднеквадратичные данные показаний тензорезисторов, смонтированных на локализованные элементы трех дисков генератора волн, для одного и того же момента замера угла поворота φ_k каждого из дисков.

4. Результаты экспериментальных исследований силовых факторов в контакте дисков с гибким колесом позволили установить характер распределения нормальной нагрузки на гибком колесе от действия генератора волн, а также зависимость радиальной силы R на диске генератора волн, от величины вращающего момента M_2 .

Список литературы: 1. Шувалов С.А. Основные критерии работоспособности волновых зубчатых передач // Вестник машиностроения. – 1976. – № 11. – С. 17 – 20. 2. Шувалов С.А. Расчёт волновых передач с учётом податливости звеньев // Вестник машиностроения. – 1974. – № 6. – С. 46 – 51. 3. Александров В. А., Скударь Г. М., Панков В. А., Стрельников В. Н. Волновые зубчатые передачи в тяжёлом и металлургическом машиностроении.–М.: Машиностроение, 1991.–166с. 4. Долинский Е.Ф. Обработка результатов измерений по способу наименьших квадратов. – М.: Изд.- во комитета стандартов, мер и измерительных приборов при СМ СССР, 1971. – 111 с.

RESEARCH OF INTERACTING OF THE FLEXIBLE GEAR WITH THE WAVES OSCILLATOR

Strelnikov V. N., Sukov G. S., Sukov M. G.

(Joint-Stock Company "NKMZ", Kramatorsk, Ukraine)

Abstract. *Experimental researches of power factors in contact of waves oscillator disks to a flexible gear of wave transmission are executed. Distribution of the force acting on waves oscillator disks from a flexible gear, from magnitude of a output torque of harmonic reducer is ascertained.*

Key words: *the reducer, a disk, a flexible gear, loading, force, tensometry.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ГНУЧКОГО КОЛЕСА З ГЕНЕРАТОРОМ ХВИЛЬ

Стрельніков В.М., Суков Г.С., Суков М.Г.

(ПАТ "НКМЗ" м. Краматорськ, Україна)

Анотація. *Виконано експериментальні дослідження силових факторів у контакті дисків генератора хвиль із гнучким колесом хвильової передачі. Установлено розподіл сили, що діє на диски генератора хвиль із боку гнучкого колеса, від величини обертаючого моменту на тихохідному валу хвильового редуктора.*

Ключові слова: *редуктор, диск, гнучке колесо, навантаження, сила, тензометрія.*