

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ПЛАНЕТАРНО-ЦЕВОЧНОГО РЕДУКТОРА

Н.Г. Янкевич

РУП «Приборостроительный завод «Отрон»:

Е.Н. Янкевич

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

Введение. Основными требованиями, предъявляемыми к планетарно-цевочным редукторам, является обеспечение постоянства передаточного отношения и крутящего момента при заданных значениях ресурса, надежности и КПД. Поэтому задача поиска оптимальных параметров, позволяющих повысить конкурентоспособность продукции, становится все более актуальной. Исследования [1] показали, что ресурс планетарно-цевочного редуктора, как правило, лимитируется долговечностью эксцентрикового узла, который и целесообразно выбрать в качестве объекта исследований, направленных на повышение ресурса редуктора в целом.

Постановка задачи и суть исследования. Из схемы, приведенной на рис. 1, а, видно, что нагрузка, действующая на эксцентрик, является геометрической суммой двух составляющих:

- нагрузки, направленной вдоль линии эксцентрика (горизонтальная составляющая);
- нагрузки, ортогональной линии эксцентрика (вертикальная составляющая).

При этом вертикальная составляющая в системе координат, связанной с эксцентриком согласно [2] остается неизменной. Горизонтальная же составляющая изменяется, поскольку, как видно из схемы (рис. 1, а), она уравнивает нагрузки, действующие в зацеплении и механизме параллельных кривошипов, величина и направление которых зависят от угла поворота входного вала. За счет этого изменяется и суммарная нагрузка, действующая на эксцентриковый узел (рис. 1, б).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что нагрузка, передающаяся со стороны сателлита на эксцентриковый узел, действует на конечную дугу (АВ на рис. 2), ограниченную углами, задающими направление наибольшей и наименьшей на цикле нагружения силы, передающейся на эксцентрик со стороны сателлита.

Поскольку усталостное разрушение материала происходит вследствие постепенного накопления повреждений под действием циклических

напряжений, то эффективным методом увеличения ресурса является снижение уровня действующих нагрузок. Это может быть достигнуто за счет перераспределения усилий в эксцентриковом узле, которое произойдет в результате введения овальности на беговой дорожке эксцентрика в области его нагружения радиальным усилием, передающимся со стороны наиболее нагруженного тела качения. Направление действия этой силы совпадает с направлением радиального усилия, действующего в целом на эксцентриковый узел со стороны спутника.

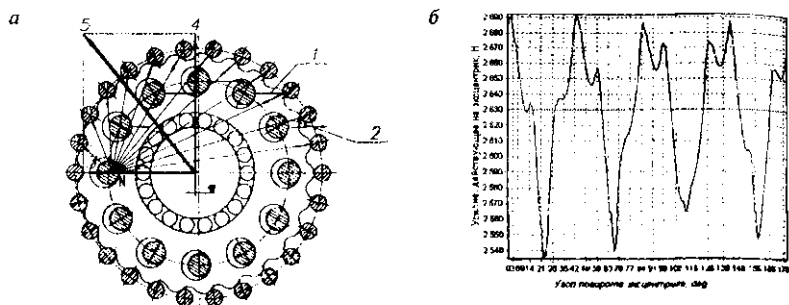


Рис. 1. Нагружение эксцентрика: *a* – схема усилий, действующих в планетарно-цевочном редукторе; *b* – циклы нагружения эксцентрикового узла: 1 – усилие со стороны одного из пальцев механизма параллельных кривошипов; 2 – со стороны цевки цевочного колеса; 3 – горизонтальная, 4 – вертикальная, 5 – суммарная составляющая усилия, действующего со стороны эксцентрика

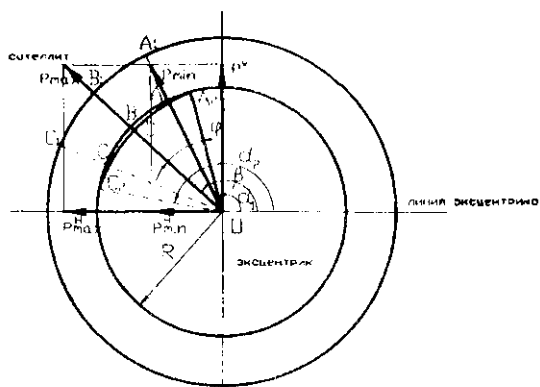


Рис. 2. Определение области эксцентрика, на которую передается радиальная нагрузка со стороны спутника

Таким образом, для увеличения ресурса эксцентрикowego узла необходимо, чтобы наибольшая овальность была в той точке эксцентрика, в которой действует наибольшее усилие (точка В на рис. 2). Угол β , определяющий данную точку, задается соотношением

$$\beta = \pi - \arcsin\left(\frac{P_{12}^v}{P_{12}^{\max}}\right), \quad (1)$$

где P_{12}^v — вертикальная составляющая нагрузки, действующей на эксцентрик; P_{12}^{\max} — величина максимальной силы, действующей на эксцентрикoвый узел на цикле нагружения.

Угол φ , ограничивающий область овальности, должен выбираться исходя из следующих предпосылок:

1. Область действия силы, передающейся со стороны сателлита на эксцентрикoвый узел через наиболее нагруженное тело качения, должна полностью содержаться в области овальности. Поэтому угол φ должен удовлетворять условию

$$\varphi > \arcsin\left(\frac{P_{12}^v}{P_{12}^{\min}}\right) - \arcsin\left(\frac{P_{12}^v}{P_{12}^{\max}}\right) \quad (2)$$

2. Участвовать в передаче нагрузки со стороны сателлита на эксцентрик должно как можно больше тел качения. Поэтому величина угла φ должна быть меньше половины углового шага между центрами двух соседних тел качения

$$\varphi < \frac{\pi}{z_{\text{тк}}}, \quad (3)$$

где $z_{\text{тк}}$ — количество тел качения.

Для того чтобы область овальности была выпуклой, необходимо, чтобы величина овальности Δ находилась в пределах

$$0 \leq \Delta \leq R \cdot \left[1 - \frac{\sin \alpha_1 - k_1 \cdot \cos \alpha_1}{\sin \beta - k_1 \cdot \cos \beta} \right], \quad (4)$$

где k_1 — коэффициент, $k_1 = \frac{\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2}{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2}$; α_1 и α_2 — углы, задающие края овальности $\alpha_{1,2} = \beta \mp \varphi$.

Результаты. На базе скорректированной линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений была построена методика расчета ресурса эксцентрикoвого узла с учетом овальности, по которой был выпол-

нен расчет 90 %-ного ресурса планетарно-цевочного редуктора МПЦЦ G82-25 со следующими параметрами:

- крутящий момент на выходном валу $M_{\text{вых}} = 142,5$ Нм;
- передаточное отношение $z = 25$;
- радиус цевочного колеса $r = 52$ мм;
- эксцентриситет $e = 1,5$ мм;
- радиус цевки $r_q = 4$ мм.

Результаты расчета, характеризующие зависимость 90 %-ного ресурса эксцентрикового узла от величины угла, ограничивающего область овальности на эксцентрике, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость ресурса от величины угла, ограничивающего область овальности на эксцентрике (на примере МПЦЦ G82-25)

| Величина угла, ограничивающего область овальности (deg) | 90 %-ный ресурс (ч) |
|---|---------------------|
| 4 | 18 560 |
| 6 | 18 762 |
| 8 | 19 093 |
| 10 | 19 541 |
| 12 | 20 090 |

Выполненные расчеты показали, что введение овальности на эксцентрике в области нагружения эксцентрикового узла радиальным усилием, действующим со стороны сателлита, позволяет значительно увеличить ресурс планетарно-цевочного редуктора.

Выводы. Предложен метод повышения ресурса эксцентрикового узла планетарно-цевочного путем введения овальности на эксцентрике в области его нагружения радиальным усилием, действующим со стороны сателлита. Расчет ресурса эксцентрикового узла с учетом введенной овальности показал эффективность предложенного метода.

Литература

1. Янкевич, Н.Г. Определение лимитирующего узла планетарно-цевочного редуктора / Н.Г. Янкевич, Е.Н. Янкевич // Информационные технологии в промышленности: Тез. докл. Пятой междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22 – 24 окт. 2008 г. / ОИПИ НАН Беларуси. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – С. 124 – 125.
2. Янкевич, Н.Г. Анализ нагруженности и выбор рациональных геометрических параметров планетарно-цевочных редукторов / Н.Г. Янкевич, Ю.П. Лазуренко // Сб. докл. междунар. конф. «Техника приводов'03». – Варна, 2003. – Т. 1. – С. 227 – 230.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ ПРОЧНОСТИ КОЛЬЦЕВОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ С НЕСПЛАВЛЕНИЯМИ

С.М. Красневский, Д.Н. Гордейчик, М.К. Степанкова
ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», Минск

В работе проведено экспериментальное исследование конструктивной прочности кольцевого сварного соединения (роликовый шов в соответствии с [1]) с обнаруженным в корне шва несплавлением. Теоретическое определение несущей способности такой конструкции затруднено из-за сложной локальной геометрии в зоне несплавления, что вызывает неоднородное напряженное состояние с перераспределением напряжений при образовании пластических деформаций.

В качестве исследуемого сварного соединения был представлен кольцевой сварной шов по отбортованной внутрь кромке (роликовый шов), вырезанный из резервуара, который не был в эксплуатации. Материал стыкуемых элементов сталь S355J2G3 по [2] – конструкционная сталь с минимальным пределом текучести 355 МПа с установленной величиной работы разрушения при ударном изгибе при минус 20 °С (на продольных образцах с острым надрезом) не менее 27 Дж. Отечественным аналогом этой стали является сталь 17Г1С по ГОСТ 19281. Толщина стыкуемых элементов составляла 5,1 мм. Соединение выполнено автоматической сваркой под слоем флюса. В соответствии с [3] роликовый сварной шов может применяться в сосудах для приварки днища к обечайке при толщине стенки не более 8 мм и при отсутствии опасности возникновения коррозии, усталостного разрушения, вибрации и эксплуатационной нагрузки. В представленном сварном соединении (рис. 1) по результатам радиографического контроля были обнаружены непровары (несплавления по кромке листа).



Рис. 1. Роликовый сварной шов с несплавлением по кромке листа (1), выходящим на торцы образца