

УДК 621.822.5.001.5

С.С. Удовкина (6 курс, каф. ГАК), В.А. Прокопенко, к.т.н. доц.

СИЛЬФОННЫЙ ГИДРОКОРРЕКТОР

Практическая реализация конструкции РС-цепи для гидравлических схем и устройств имеет свои особенности, прежде всего, в части исполнения гидроемкости.

Широко известна конструкция гидроемкости в виде подпружиненного плунжера, имеющая ряд существенных очевидных недостатков, делающих неприемлемым ее применение, особенно в достаточно точных САР, к которым относятся гидростатические подшипники (ГСП). Главными из них являются: наличие перетечек между камерами, разделенными плунжером, которые искажают значения параметров; низкая надежность из-за возможности заклинивания плунжера в зазоре; низкая чувствительность, обусловленная повышенным коэффициентом трения покоя; невысокая стабильность работы, связанная с “падающей характеристикой” коэффициента трения, особенно при малых перемещениях; износ сопряженных поверхностей при эксплуатации; сложность изготовления пружин необходимой жесткости и ее контроля, а также изготовления опорных торцевых витков, из-за которых возрастает вероятность заклинивания.

Гораздо более высокими эксплуатационными характеристиками обладают диафрагменные (мембранные) гидроемкости, не имеющие выше перечисленных недостатков плунжерного варианта. Однако, применительно к ГСП и этот вариант сопряжен со значительными проблемами: невысокая надежность из-за возможности разрушения мембран при значительных рабочих давлениях; высокая трудоемкость изготовления, связанная со сложной механической и термообработкой; сложность конструкции, представляющей собой пакет мембран, потребность в уплотнении отдельных мембран и пакета в целом и, как следствие, значительные габариты пакетов, возможный значительный разброс упругих свойств мембран, связанный с особенностями материала, режимов обработки и монтажа.

Предложено использование в качестве гидроемкости наиболее экономичного и технически эффективного варианта в виде стандартного металлического сильфона (ГОСТ 21482-76) (рис.1).

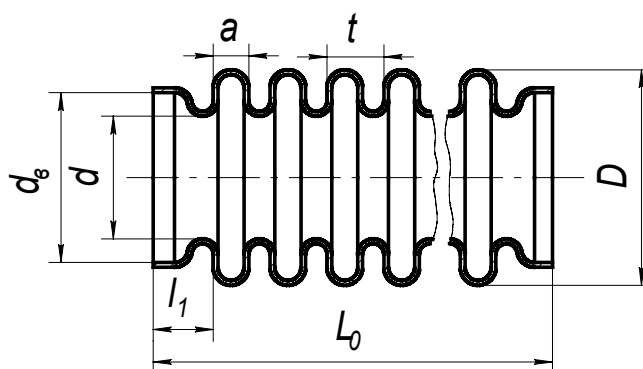


Рис.1. Конструктивные размеры стандартного металлического сильфона

Основными достоинствами сильфонов являются: малые габаритные размеры; технологичность реализации системы коррекции; высокие надежность, быстродействие и чувствительность; отсутствие гистерезиса и т.д.

Для обеспечения функционирования для ГСП станка мод. ЛР400ПМФ-4 выбран сильфон из сплава марки 36НХТЮ эффективной площадью $F_{эфф} = 0,63 \text{ см}^2$, максимальным рабочим давлением $P_{max} = 14,5 \text{ МПа}$ при толщине заготовки $s_0 = 0,16 \text{ мм}$ и имеющий следующие размерные размеры: $D = 11 \text{ мм}$, $d = 6,5 \text{ мм}$, $t = 1,2 \text{ мм}$, $a = 0,75 \text{ мм}$, $L_0 = 18,5 \text{ мм}$.

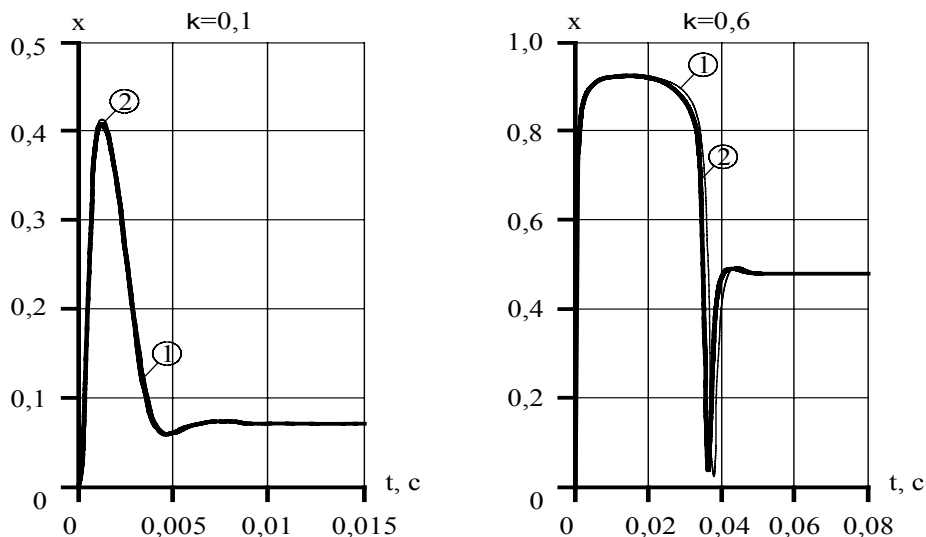


Рис. 2. Переходные процессы в нелинейной САР, скорректированной RC-цепью с $R_A = 12 \cdot 10^9 \text{ Па/м}^3$ при расчетной $C_A = 5,2 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3/\text{Па}$ (1) и при фактическом значении $C_A = 4,96 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3/\text{Па}$ (2).

При этом жесткость по давлению сиффона можно вычислить по следующей зависимости: $C_p = C'_Q / F_{эфф}$, где $C'_Q = C_Q / n$ - жесткость по силе сиффона, $C_Q = 800 \text{ Н/мм}$ - жесткость по силе одного гофра.

Выбирая сиффон с наибольшей емкостью, имеющий $n = 10$, получаем:

$$C'_Q = 80 \text{ Н/мм}, C_p = 1,27 \text{ Н/мм}^3.$$

Гидравлическая емкость сиффона (C_A^c) равна: $C_A^c = \Delta V / C_p$,

где ΔV - изменение объема сиффона при деформации 1 мм: $\Delta V = F_{эфф} \cdot 1 \text{ мм} = 63 \text{ мм}^3/\text{мм}$.

$$\text{Тогда } C_A^c = 49,6 \frac{\text{мм}^5}{\text{Н}} = 4,96 \cdot 10^{-14} \frac{\text{м}^3}{\text{Па}}.$$

Для вычисленной емкости $C_A^c = 4,96 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3/\text{Па}$ и определенного ранее сопротивления $R_A = 12 \cdot 10^9 \text{ Па/м}^3$ запас по фазе $\Delta\varphi$ равен $47,4^\circ$, значение которого не выходит за пределы $\pm 10\%$.

Переходные процессы, соответствующие чистовым ($\kappa = 0,1$) и черновым нагрузкам ($\kappa = 0,6$), для сравнения представлены на рис.2.

Полученные результаты наглядно показывают возможность высокоэффективной коррекции на базе стандартных металлических сиффонов.

Реализация дросселя в составе RC-цепи практических сложностей не представляет. Рекомендуемый для гидростатических опорных систем различного назначения ламинарный дроссель типа "сопло-заслонка" наилучшим образом подходит и к рассматриваемому случаю. Его основные достоинства:

- удобство настройки рабочего зазора;
- технологичность;
- компактность;
- надежность;
- стабильность в работе.

Таким образом, выполненные исследования являются базой для разработки доступных методик практического конструирования опор жидкостного трения и, прежде всего, представляют интерес при создании шпиндельных узлов с повышенными показателями динамического качества.