

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОПУСКОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ ВТОРОГО КАСКАДА УСИЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОПУСКОВ НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГИДРОПРИВОДА

П. В. Романов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Г. С. Кульгейко

Большинство электрогидравлических приводов должны иметь значительные мощности, что может быть обеспечено увеличением расхода рабочей жидкости на выходе гидравлических усилителей. При этом требуются большие усилия, необходимые для перестановки подвижных элементов. Увеличить выходную мощность при сохранении требуемых характеристик усилителя можно применением гидравлических усилителей с несколькими ступенями усиления.

Принципиальная схема подобного двухкаскадного гидравлического усилителя дана на рис. 1.

Первый каскад усилителя имеет управляющую заслонку 7, два сопла 6 и 9, два дросселя 4 и 5 с постоянными проходными сечениями. Первый каскад усиления питается рабочей жидкостью с небольшим давлением и расходом. Второй каскад имеет цилиндрический распределитель, золотник 2 которого расположен в гильзе 1 и находится под действием пружин 3, помещенных в междроссельных камерах справа и слева от золотника.

Размеры управляющего и распределительного элементов оказывают существенное влияние на выходные параметры и для стабильности работы гидроусилителя необходимо допуски на основные элементы установить, исходя из допустимых колебаний выходных параметров.

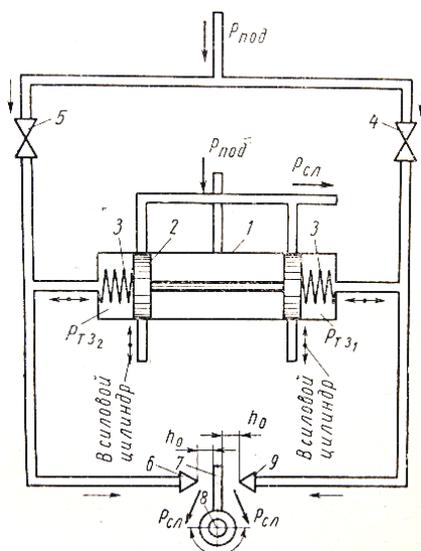


Рис. 1. Схема двухкаскадного гидравлического усилителя

**Цилиндрический золотниковый распределитель.** На рис. 2 дана конструктивная схема распределительного золотникового устройства, служащего для подачи жидкости под рабочим давлением в одну из полостей силового цилиндра при одновременном отводе ее из противоположной полости в сливную магистраль при давлении  $P_{сл}$ .

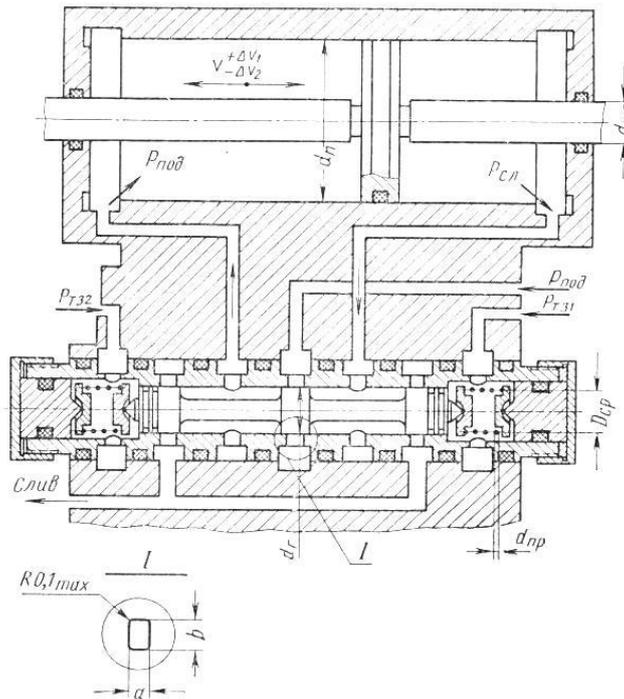


Рис. 2. Конструктивная схема цилиндрического золотникового распределителя

Работами Н. Г. Бруевича, Н. А. Бородачева и др. установлено, что если между выходными параметрами какого-либо сборочного узла  $y$  и его размерами или другими характеристиками имеется аналитическая зависимость и она дифференцируется до  $n$ -го порядка для всех значений, то допуск на величину  $y$  определится из выражения (метод функциональной взаимозаменяемости):

$$\delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1}\right)_{x_1=z_1}^2 \delta_1^2 k_1^2 + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2}\right)_{x_2=z_2}^2 \delta_2^2 k_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_n}\right)_{x_n=z_n}^2 \delta_n^2 k_n^2}, \quad (1)$$

где  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$  – соответствующие допуски на величины  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ;  $k_1, k_2, \dots, k_n$  – коэффициенты рассеяния, значения которых определяются законами распределения величин  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Рассмотрим методику расчета допусков на основные элементы электрогидравлического привода исходя из обеспечения функциональной взаимозаменяемости.

Допустим, что золотник сместился влево, открывая доступ рабочей жидкости в полость основного цилиндра под давлением  $P_{под}$ , и одновременно из второй полости отводится отработавшая жидкость давлением  $P_{сл}$ .

Формула расхода рабочей жидкости через распределительный золотник запишется следующим образом:

$$Q = \frac{2\mu\pi d_3^2 \Delta P_{т.з} D_{сп}^3 i b \sqrt{\frac{2\Delta P_{ш}}{\rho}}}{Gd_{пр}^4 + 8\mu^2 \pi d_3^2 \Delta P_{ш} \cos \alpha D_{сп}^3 i}. \quad (2)$$

По формуле (1) в общем случае, считая, что  $k_1 = k_2 = \dots = k_n = 1$ , запишем

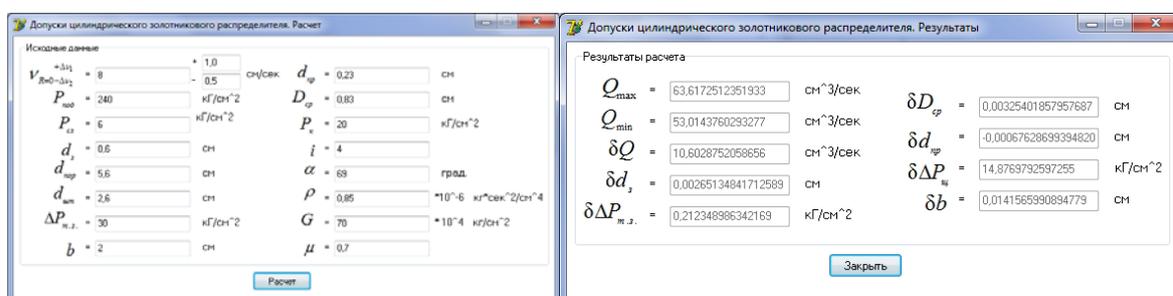
$$\delta Q = \sqrt{\left(\frac{\partial Q}{\partial d_3}\right)_1^2 \delta^2 d_3 + \left(\frac{\partial Q}{\partial \Delta P_{т.3}}\right)_1^2 \delta^2 \Delta P_{т.3} + \left(\frac{\partial Q}{\partial D_{ср}}\right)_1^2 \delta^2 D_{ср} + \left(\frac{\partial Q}{\partial d_{пр}}\right)_1^2 \delta^2 d_{пр} + \dots} \rightarrow$$

$$\rightarrow + \left(\frac{\partial Q}{\partial \Delta P_{щ}}\right)_1^2 \delta^2 \Delta P_{щ} + \left(\frac{\partial Q}{\partial b}\right)_1^2 \delta^2 b. \quad (3)$$

Откуда можно вычислить допуски на элементы второго каскада гидроусилителя.

Алгоритм расчета:

1. Определяем максимальное и минимальное количество потребной рабочей жидкости.
2. Определяем допуск на диаметр распределительного золотника  $\delta d_3$ .
3. Определим допуск на перепад давления на торцах золотника  $\delta \Delta P_{т.3}$ .
4. Определим допуск на средний диаметр пружин на торцах распределительного золотника  $\delta D_{ср}$ .
5. Определим допуск на диаметр проволоки пружин на торцах распределительного золотника  $\delta d_{пр}$ .
6. Определим допуск на перепад давления на щели  $\delta \Delta P_{щ}$ .
7. Определим допуск на размер проходной щели  $\delta b$  (рис. 3).



а)

б)

Рис. 3. Допуски цилиндрического золотникового распределителя:  
а – расчет; б – результаты

## Заключение

Применение принципа функциональной взаимозаменяемости при проектировании и изготовлении основных элементов первого и второго каскадов усиления позволит: обеспечить стабильную скорость перемещения поршня исполнительного механизма; обоснованно подойти к назначению допусков на основные элементы первого и второго каскадов усиления; уменьшить трудоемкость комплектования сопел по расходу; выявить технологическую возможность взаимозаменяемости основных элементов электрогидравлических следящих систем.

## Литература

1. Навроцкий, К. Л. Теория и проектирование гидро и пневмоприводов : учеб. для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / К. Л. Навроцкий.
2. Ильин, М. Г. Технология изготовления прецизионных деталей гидропривода / М. Г. Ильин, Я. А. Бекиров. – М. : Машиностроение, 1971. – 160 с.
3. Башта, Т. М. Гидравлические следящие приводы / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1960. – 280 с.