

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯХ

Д. В. Лаевский, И. Н. Головко

Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Введение. Гидрораспределителем называется гидроаппарат, предназначенный для изменения направления потока рабочей жидкости в двух или более гидролиниях в зависимости от внешнего управляющего воздействия.

Классификация гидрораспределителей представлена рис. 1 [1], [2].



Рис. 1. Классификация гидрораспределителей

Основной задачей работы является анализ конструкции гидрораспределителей с целью разработки пропорционального гидрораспределителя с улучшенными характеристиками, форсированному по давлению.

Пропорциональный сервогидрораспределитель предназначен для подачи потока рабочей жидкости к исполнительному органу с расходом, прямо пропорциональным сигналу управления. Автоматическое управление происходит посредством преобразования маломощного управляющего сигнала гидроусилителя в пропорциональный ему поток рабочей жидкости в элемент регулирования.

Существует множество гидроаппаратов такого типа, например, Rexroth или Atos.

Сервогидрораспределители фирмы Rexroth имеют сервозолотник в первой ступени и встроенный электронный блок управления (рис. 2, а, б). Аппараты имеют следующие основные элементы: корпус 1 с плоскостью для монтажа на плите; золотник 2 с пружинами 3 и 4; электромагниты 5 и 6 с резьбой по оси интегрированную электронику.

Сервогидрораспределители фирмы Atos (рис. 2, в) – аппараты прямого действия, гильзового исполнения, с датчиком положения LVDT, обеспечивающие управление распределителем и компенсирующие расход согласно электронному устройству. Золотник 2 перемещается в прецизионно обработанной гильзе 3, благодаря чему обеспечивается максимальная точность перекрытия. Гильза 3 запрессована в корпус, который имеет пять камер 1. Золотник управляется непосредственно пропорциональным электромагнитом 4 и тем самым управляют с обратной связью посредством датчика положения 5.

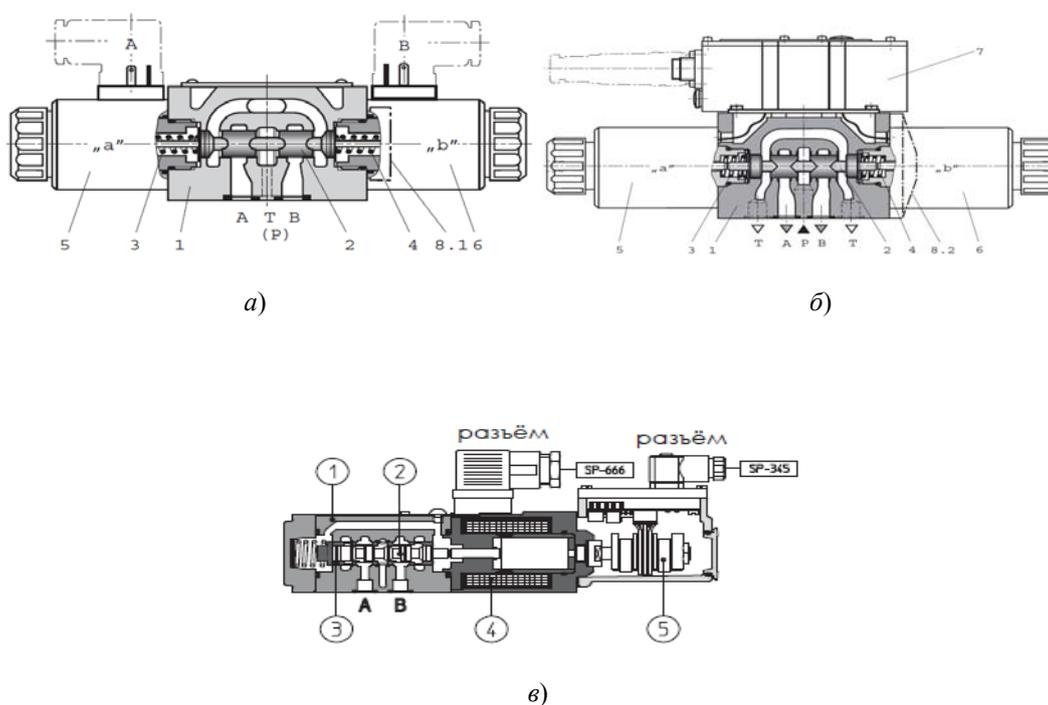


Рис. 2. Пропорциональные гидрораспределители Rexroth и Atos:
 а – тип 4WRDE 6; б – тип 4WRDE 10; в – тип Dlhzo(Dlkzor).
 Аппараты с условным проходом $D_y = 6$ и 10 мм рассчитаны на давление до 30–31,5 МПа, расход 40–100 л/мин

Конструктивно гидроусилитель сервораспределителя представляет собой следующую систему, особенностью которой является то, что элемент измерения рассо-

гласования и элемент регулирования потока рабочей жидкости конструктивно объединены в один элемент. При такой компоновке управляющего и силового золотников сигналов рассогласования (рис. 2), есть разность их перемещений, а площадь дроссельных окон, регулирующих поток рабочей жидкости, пропорциональна этой разности [4]. На рис. 3 показаны варианты схем перекрытий рабочих окон в золотниковых дросселирующих гидрораспределителях [6], [7].

В зависимости от соотношения ширины b_2 цилиндрического пояска золотника и ширины b_1 цилиндрической расточки в корпусе различают гидрораспределители с нулевым ($b_1 = b_2$), положительным ($b_1 > b_2$) и отрицательным ($b_1 < b_2$) перекрытиями.

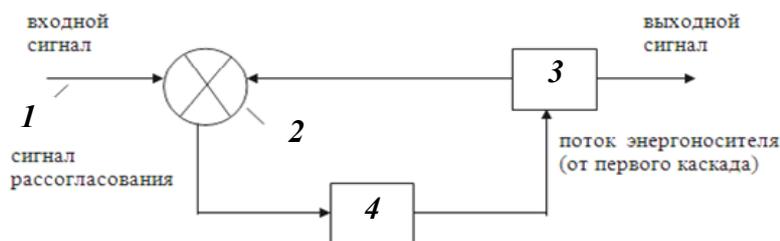


Рис. 3. Блок-схема:

1 – входное звено (золотник); 2 – элемент измерения рассогласования (золотник в золотнике); 3 – выходное звено (силовой золотник); 4 – элемент регулирования потока энергоносителя (переменные дроссельные щели, зависящие от взаимного положения управляющего и следящего золотника)

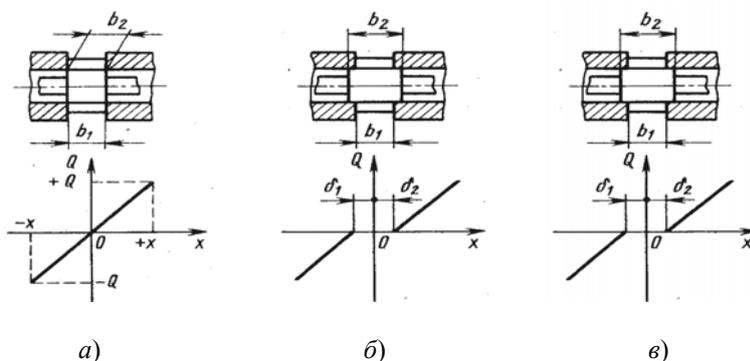
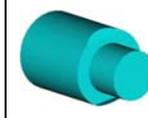
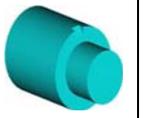


Рис. 4. Схемы дросселирующих гидрораспределителей и соответствующие им статические характеристики [6], [7]:
а – с нулевым перекрытием; б – с положительным перекрытием;
в – с отрицательным перекрытием

Основными преимуществами золотниковых гидрораспределителей являются их компактность и разгруженность от осевых сил давления рабочей жидкости, что значительно уменьшает усилие, необходимое для управления его золотником.

Требования к точности расчетов динамических характеристик пропорциональных распределителей, используемых в следящих системах, требует соответственно точной информации о расходно-перепадных зависимостях золотниковых дросселей различных форм (см. таблицу), и о силе, действующей со стороны потока на золотники распределителей. Данные, необходимые для математического описания дросселирующих устройств, силового взаимодействия рабочих органов с потоком жидкости.

Основные виды золотниковых дросселей распределителей [3], [5]

Щели на кромках дросселирующих распределителей						
кромка-кромка	прямоугольник	конус	цилиндрические круглые окна	треугольные запылы	лыска сплошная	лыска врезная
						

Согласно закону изменения количества движения, рассматривая осевые проекции всех величин, получаем выражение для полной силы действия потока на обтекаемый запорно-регулирующий элемент гидрораспределителя [5]:

$$F_{\text{ж}} = (p_1 - p_2)S_k - \rho Q v_{\text{щ}} \cos(\beta) + \rho Q v_c, \quad (1)$$

где p_1, p_2 – давления на входе в дросселирующую щель гидроаппарата и на выходе из него; S_k – площадь проходного отверстия, перекрываемого запорно-регулирующим элементом гидроаппарата; β – угол образующей дросселирующей щели; $v_{\text{щ}}$ – средняя скорость потока жидкости в щели гидроаппарата; ρ – плотность жидкости; v_c – средняя скорость потока в проходе седла гидроаппарата; Q – расход, пропускаемый щелью гидроаппарата.

Для практического использования формулу (1) преобразуем к виду [5]:

$$F_{\text{щ}} = \left[1 - 2\mu_{\text{щ}} \cdot \cos\beta / \varepsilon \cdot S_{\text{щ}} / S_k + 2\mu_{\text{щ}}^2 (S_{\text{щ}} / S_k)^2 \right] p_{\text{щ}} S_k = \Psi_{\text{щ}} p_{\text{щ}} S_k, \quad (2)$$

где $\mu_{\text{щ}}$ – коэффициент расхода щели гидроаппарата; ε – коэффициент сжатия струи; $\Psi_{\text{щ}}$ – коэффициент силы давления жидкости на золотник гидроаппарата; $p_{\text{щ}}$ – полная потеря давления в дросселирующей щели гидроаппарата; $S_{\text{щ}}$ – площадь поперечного сечения дросселирующей щели; $S_{\text{щ}}/S_k$ – относительная площадь щели.

Расходно-перепадные характеристики гидроаппаратов обычно представляют собой зависимости $p = f(Q)$ или $Q = f(p)$. Пропускная способность щели (гидравлическая проводимость щели) гидроаппарата определяется согласно выражению

$$G_{\text{щ}} = \mu_{\text{щ}} S_{\text{щ}} \sqrt{2/\rho} = Q / \sqrt{p_{\text{щ}}}. \quad (3)$$

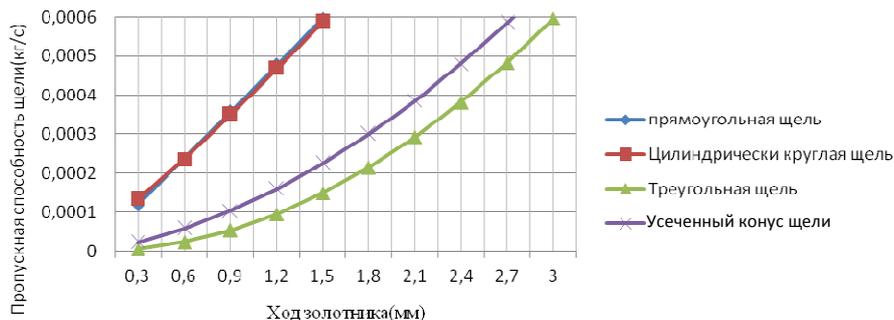


Рис. 5. Зависимость пропускной способности щели от хода золотника

Заключение. 1. Приведена классификация гидрораспределителей. Проведен литературно-патентный обзор пропорциональных сервораспределителей и проанализированы их основные конструктивные особенности.

2. Выполнен расчет расходно-перепадной характеристики золотникового дросселя в зависимости от пропускной способности дросселирующей щели и хода запорно-регулирующего элемента (золотника).

3. Показано, что форма дросселирующей канавки в виде усеченного конуса и треугольной формы обеспечивает наименьшую пропускную способность, возникающую в момент открытия дросселирующей щели и плавное ее повышение, что способствует снижению гидродинамических сил (рис. 4).

Л и т е р а т у р а

1. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика : справ. пособие / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1974.
2. Вильнер, Я. М. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер. – Минск : Выш. шк., 1985.
3. Козлов, Л. Г. Исследование влияния угла наклона рабочей кромки золотника на нелинейные характеристики пропорционального распределителя с электрогидравлическим управлением / Л. Г. Козлов, Д. А. Лозинский // Наукові праці ВНТУ(1). – 2007.
4. Петров, В. В. Нелинейные сервомеханизмы / В. В. Петров, А. А. Гордеев. – М., 1979.
5. Пузанов, А. В. Расходно-перепадные характеристики золотниковых распределителей и характеристики сил / А. В. Пузанов, И. Н. Холкин.
6. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы : справочник / В. К. Свешников. – М. : Машиностроение, 2004.
7. Строганов, Р. П. Управляемые машины и их применение / Р. П. Строганов. – М., 1986.