

В.С. Бутько, канд. техн. наук, Е.Н. Сябряк, В.П. Нетреба
 Национальный авиационный университет, г. Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ РАЗГРУЖЕННОГО И НАГРУЖЕННОГО ТИПОВ

Виконано оцінку впливу зміни конструктивних параметрів двокаскадних автоматичних регуляторів на вид робочої характеристики $Q=f(p)$ на ділянках роботи регулятора насоса диференційно-дрозельного типу.

The influence of evaluation of change of design parameters of two-stage automatic regulators on view of work characteristic $Q=f(p)$ on the area of regulating has been made on example of variable-flow pump of differentially-throttle type. The conclusions have been made on received results.

Введение

В системах регулирования используются регуляторы непрямого действия, которые состоят из двух каскадов. Первый каскад выполняет роль чувствительного элемента, а второй связан с регулирующим исполнительным органом. Во втором каскаде имеют место различные рабочие площади, от соотношения которых зависит характеристика регулятора в целом.

В регуляторе с уравновешенными площадями давление в межклапанной полости и давление в напорной полости действуют на равные площади затвора основного клапана (регулятор разгруженного типа). В регуляторе с неуравновешенными площадями давление в межклапанной полости действует на большую площадь затвора основного клапана, чем давление в напорной полости (регулятор нагруженного типа).

В связи с этим при одинаковых давлениях в межклапанной и напорной полостях клапан будет прижиматься к седлу (рисунок 1).

В конструкциях регуляторов с гидростатическим усилением герметичность затвора увеличивается, что видно из вышеприведенного рисунка. При использовании гидростатического уравновешивания поршня перепад давления между полостями поршня, необходимый для его перемещения, уменьшается, и чувствительность системы регулирования при этом повышается. Уравновешивание рабочего поршня достигается равенством его площадей, соединенных между собой демпферным отверстием. В конструктивном исполнении такое отверстие иногда выполняется в виде регулируемого дросселя и выступает в роли демпфера колебаний. При выборе диаметра отверстия необходимо учитывать его влияние также на быстроедействие и качество всего процесса регулирования.

Рассмотренные регуляторы входят в состав объемного гидропривода. В качестве источников подачи в гидроприводе нашли свое широкое применение аксиально-поршневые насосы. Это насосы регулируемой подачи, в которых регулирование подачи выполняют регуляторы непрямого действия и исследованию которых в составе насоса уделяется внимание в данной статье, так как в литературных источниках не упомянуто о влиянии неуравновешенности

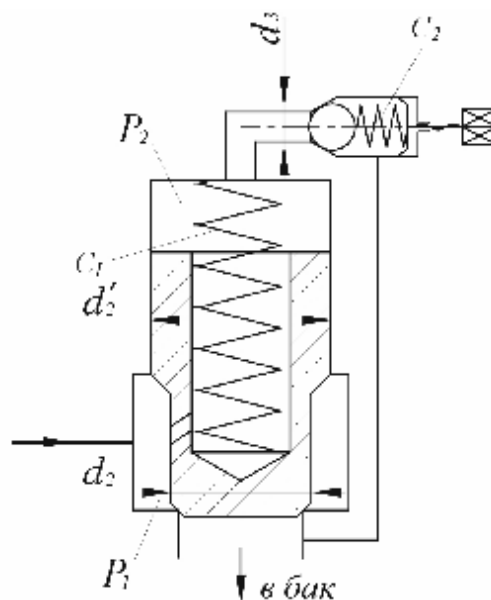


Рисунок 1 — Схема регулятора непрямого действия с неуравновешенными площадями.

рабочих площадей регуляторов на рабочие характеристики насосов переменной подачи. Поэтому возникла необходимость дополнительного исследования данного влияния.

На статической характеристике насоса регулируемой подачи, представленной в литературе, выделяется только два участка: I — насос работает в режиме постоянной подачи и II — когда регулятор осуществляет регулирование подачи насоса. Теоретический вид статической характеристики для насоса с регулятором непрямого действия дифференциально-дрозельного типа имеет не два, а три рабочих участка (рисунок 2), а именно: I — насос работает в режиме постоянной подачи, II — работа насоса сопровождается работой чувствительного элемента регулятора — «сопла-заслонки», III — за счет перепада давлений на сервопоршне регулятора происходит изменение подачи насоса.

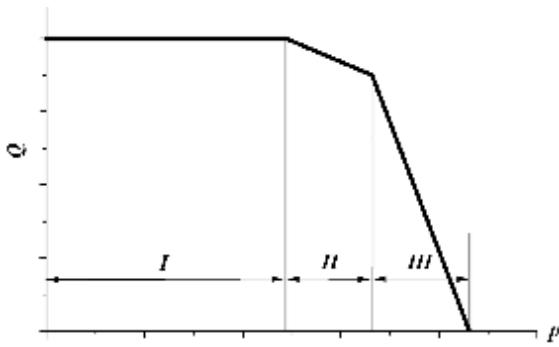


Рисунок 2 – Статическая характеристика насоса регулируемой подачи с регулятором дифференциально-дрессельного типа (сопло-заслонка).

Результаты исследований

Исследование и анализ статической характеристики выполняем для насоса переменной подачи с автоматическим регулятором непрямого действия. В качестве такого насоса рассматриваем насос с регулятором дифференциально-дрессельного типа (с регулятором типа сопло-заслонка) (рисунок 3).

Для данного насоса составлялись соответствующие уравнения рабочих характеристик [1]. Их окончательный вид:

- для участка рабочей характеристики, на котором работает чувствительный элемент сопло-заслонки:

$$Q_{н.ф.} = A \left\{ L_{max} + l_0 - \frac{1}{c_1} \left(\left[S - \frac{1}{1+B_1} S_0 \right] p \right) \right\} - k_{yt} p,$$

- для участка рабочей характеристики, на котором работает сервопоршень:

$$Q_{н.ф.} = A \left\{ L_{max} - \frac{1}{c_1} \left(\left[S - \frac{1}{1+B(p-p^*)^2} S_0 \right] p - \left[S - \frac{1}{1+B(p_p-p^*)^2} S_0 \right] p_p \right) \right\} - k_{yt} p,$$

где $A = \frac{\pi d^2 D_{cp}}{4 R} z n$; $B = \left(\frac{4 \mu_c d_c}{\mu_{др} d_{др}} \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot \frac{b}{c_2 a} \right)^2$,

$B_1 = \left(\frac{4 \mu_c d_c}{\mu_{др} d_{др}} \cdot h \right)^2$, d — диаметр поршня; p_p — давление, соответствующее моменту включения в работу регулятора подачи; p^* — давление, при котором открывается щель между соплом и заслонкой; c_p, c_2 — жесткость пружины сервопоршня и жесткость пружины сопла-заслонки; h — величина щели между соплом и заслонкой;

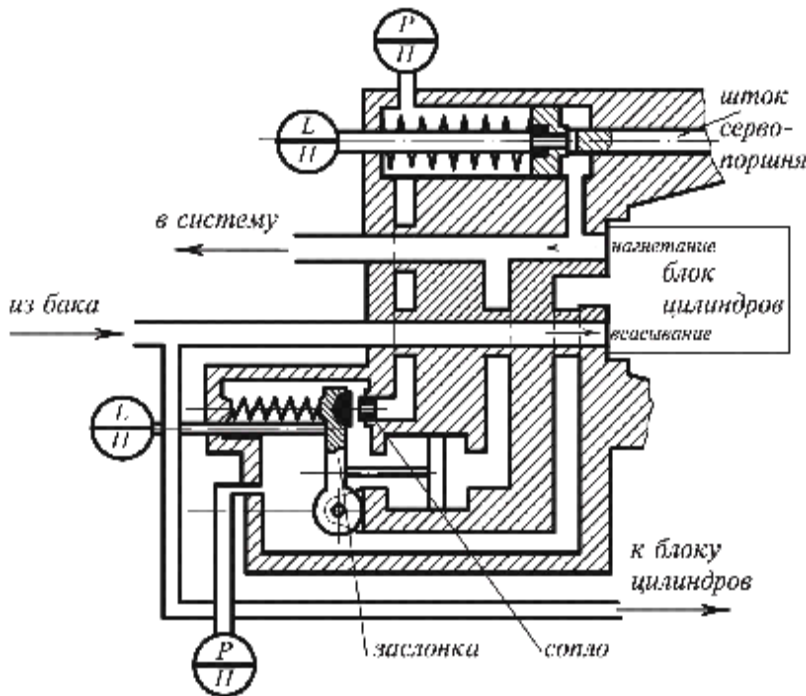


Рисунок 3 — Конструктивная схема насоса переменной подачи с регулятором типа сопло-заслонка.

S и S_0 — площади сервопоршня со стороны штока и дроссельного отверстия; l_0 — величина перемещения сервопоршня; $d_{др}$ — диаметр дроссельного отверстия в сервопоршне; D — диаметр сервопоршня; d_0 — диаметр плунжера датчика давления регулятора; d_c — диаметр сопла; d_1 — диаметр штока сервопоршня; a и b — длины плеч рычага заслонки; $L_{max} = R \operatorname{tg} \gamma_{max}$, R — расстояние между осью поворота шайбы и осью поршня сервоцилиндра; μ_c и $\mu_{др}$ — коэффициенты расхода сопла и дросселя в сервопоршне.

По этим характеристикам выполнялась оценка влияния неуравновешенности двухкаскадного автоматического регулятора на самую рабочую характеристику $Q=f(p)$, в частности, именно на участках регулирования подачи — участки II и III. Данные характеристики построены при различных значениях рабочих площадей сервопоршня в сравнении с номинальными параметрами ($S_{констр}$ и $S_{0констр}$ — номинальные параметры площади сервопоршня со стороны штока и дроссельного отверстия).

Полученные графики показаны на рисунках 4 и 5:

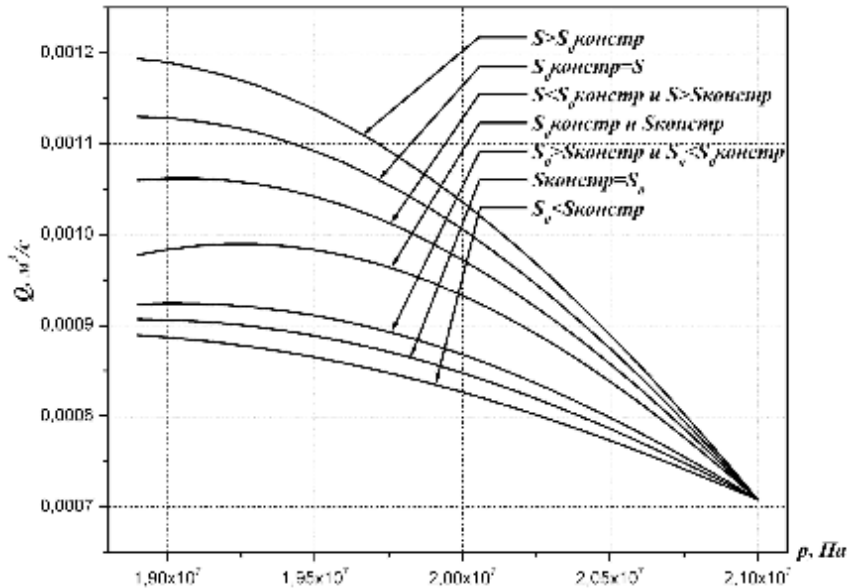


Рисунок 4 — Статическая характеристика насоса с регулятором дифференциально-дроссельного типа для участка работы сопла-заслонки при различных рабочих площадях сервопоршня в сравнении с номинальными параметрами площадей согласно технического описания насоса НП435Ф.

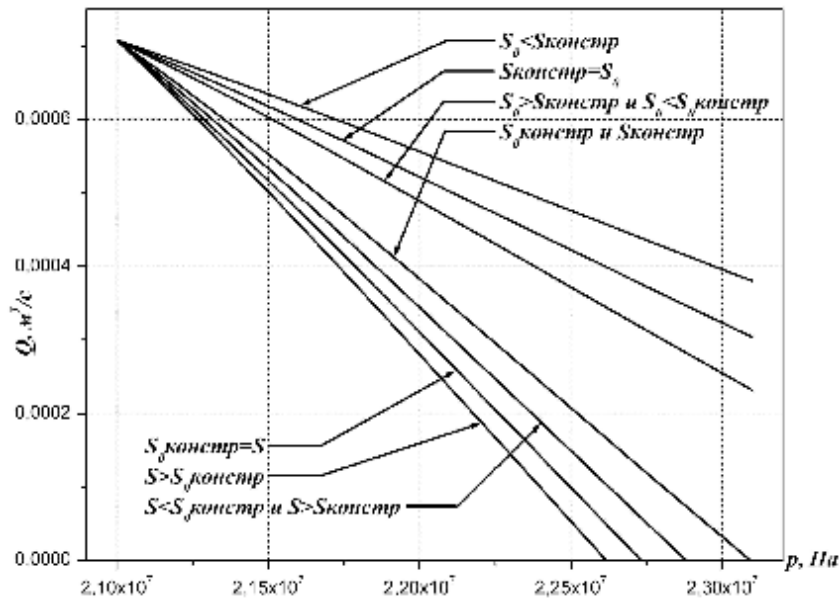


Рисунок 5 — Статическая характеристика насоса с регулятором дифференциально-дроссельного типа для участка работы сопла-заслонки и сервопоршня при различных рабочих площадях сервопоршня в сравнении с номинальными параметрами площадей согласно технического описания насоса НП435Ф.

- для участка работы только сопла-заслонки при различных рабочих площадях сервопоршня (рисунок 4):

- для участка работы только сопла-заслонки и сервопоршня при различных рабочих площадях сервопоршня (рисунок 5).

Выводы

Из анализа графиков на рисунках 4 и 5 следуют выводы:

1) зависимости для участка работы только сопла-заслонки при различных рабочих площадях сервопоршня в сравнении с номинальными параметрами площадей сервопоршня со стороны штока и дроссельного отверстия имеют нелинейный характер;

2) зависимости для участка работы сопла-заслонки и сервопоршня при различных рабочих площадях сервопоршня в сравнении с номинальными параметрами площадей сервопоршня со стороны штока и дроссельного отверстия имеют линейный характер;

3) на втором участке при уравновешенности рабочих площадей ($S_{констр} = S_0$), рабочая характеристика имеет более пологий вид, на третьем участке данное соотношение этих же площадей отдаляет характеристику от идеальной вида [1];

4) в случае разгруженности сервопоршня ($S_{констр} = S$) на втором участке вид рабочей характеристики отличен от линейной и имеет значительный наклон, а для третьего участка значение перерегулирования существенно уменьшается и работа насоса стремится к идеальному случаю;

5) увеличение рабочей площади со стороны штока ($S > S_{констр}$) для участка работы только сопла-заслонки приводит к увеличению расхода через сопло, в свою очередь соотношение этих площадей для участка работы сервопоршня уменьшает значение перерегулирования;

6) уменьшение рабочей площади со стороны дроссельного отверстия ($S_0 < S_{констр}$) для второго участка работы насоса приводит к уменьшению расхода через сопло, а для третьего участка — отдаляет кривую рабочей характеристики от идеальной, тем самым увеличивая значение разности давлений начала и конца работы сервопоршня;

7) неуравновешенности рабочих площадей неоднородно влияют на вид рабочей характеристики на разных участках работы регулятора насоса.

Литература

1. Сябряк, Е.Н. Анализ статических характеристик автоматических регуляторов / Е.Н. Сябряк // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки: науковий журнал. — 2003. — №13(59). — С. 95—102.

2. Башта, Т.М., Зайченко, И.З., Ермаков, В.В., Хаймович, Е.М. Объемные гидравлические приводы. — М.: Машиностроение. — 1969, 492 с.

3. Попов, Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. — М.: Машиностроение, 1987. — 464 с.

Надійшла 2.03.2012 р.