

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОАППАРАТОВ ЗОЛОТНИКОВОГО ТИПА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИХ РАБОТЫ

Ю. И. Железнякова

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

Научный руководитель Д. Л. Стасенко

Усовершенствование гидроприводов мобильных и технологических машин сопровождается повышением требований по эффективности, безопасности и долговечности систем управления и их аппаратному обеспечению. Такие приводы во многом определяют динамические характеристики работы как отдельных гидроагрегатов, так и всей системы в целом. Однако несмотря на многочисленные исследования, еще не решена проблема выбора оптимальных проектных параметров для улучшения динамических показателей работы гидроаппаратов. Целью данной работы является выявление определения и оптимизации основных параметров элементов гидроклапана золотникового типа, влияющих на динамические характеристики его работы.

Ключевые слова: золотник, гидроаппарат, оптимизация работы, конструктивные параметры, динамика работы.

Для оптимизации работы гидроаппарата золотникового типа необходимо правильно определить усилия, необходимые для перемещения золотника. Положение золотника в таких устройствах зависит от баланса сил, действующих на него со стороны потока рабочей жидкости при обтекании золотника (гидродинамическая), сил трения, действующих на поверхности золотника, и сил, преодолевающих инерцию золотника (рис. 1) [1].

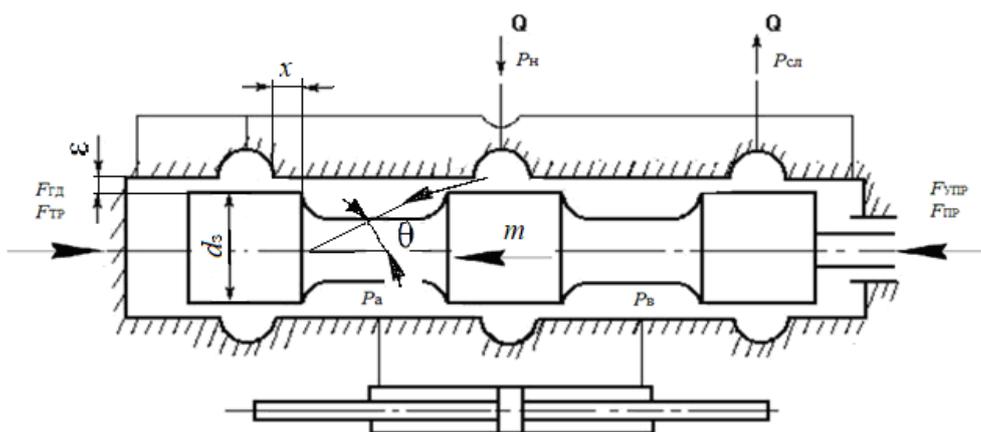


Рис. 1. Направление действия сил на золотник

Силы трения разделяются на силы сухого и жидкостного трения. Величина силы сухого трения зависит от давления рабочей жидкости в системе, а также от правильности геометрических форм золотника и гильзы и соосности их расположения. Кроме того, трение зависит от продолжительности пребывания золотника в покое. Из-за наличия малых зазоров между элементами золотниковой пары увеличение

пребывания золотника в неподвижном состоянии возникают значительные силы трения покоя, сопровождающиеся облитерацией (заращиванием) зазоров, что препятствует страгиванию и перемещению золотника. При облитерации щели происходит сращивание адсорбированными слоями молекул поверхностей золотниковой пары. В этих случаях для того, чтобы сдвинуть золотник, необходимо приложить усилие, способное разрушить слои из молекул, связывающие поверхности золотника и расточки в корпусе гидроаппарата.

При недостаточной твердости материала корпуса гидроклапана и золотника повышение давления рабочей жидкости может вызвать их деформацию, что приведет к механическому защемлению золотника. С целью предотвращения деформации деталей применяют плавающие золотники, которые располагаются в корпусе гидроклапана с небольшим зазором. Для этой же цели на поверхности деталей золотниковой пары наносятся специальные покрытия, которые препятствуют возникновению схватывания металлов золотника и корпуса гидроаппарата.

Силы жидкостного трения характеризуются касательными напряжениями, возникающими на поверхностях золотниковой пары. При наличии зазора между золотником и гильзой касательные напряжения могут возникать как при относительном движении золотника, так и при движении рабочей среды. Силы жидкостного трения зависят от площади поверхности золотниковой пары, скорости перемещения золотника и скорости течения рабочей среды, величины зазора между элементами золотниковой пары, а также от вязкости рабочей жидкости, т. е. от давления и температуры рабочей среды.

Для уменьшения сил трения применяют золотники, совершающие поступательные или поворотные вибрационные (осциллирующие) колебания небольшой амплитуды (0,01–0,1 мм) и высокой частоты (около 50 Гц), в результате чего силы трения резко снижаются, хотя амплитуда колебаний золотника, вследствие высокой частоты, близка к нулевой [2].

Полную силу трения можно определить по зависимости

$$F_{\text{ТР}} = F_{\text{ТР.С}} + F_{\text{ТР.Ж}} = F_{\text{ТР.С}} \cdot \text{sign} \frac{dx}{dt} + \nu \rho \frac{A_{\text{max}}}{\varepsilon} \frac{dx}{dt}, \quad (1)$$

где $F_{\text{ТР.С}}$ – силы сухого трения; $F_{\text{ТР.Ж}}$ – силы жидкостного трения; x – величина перемещения золотника; ν – вязкость рабочей жидкости; ρ – плотность рабочей жидкости; A_{max} – площадь дроссельной щели, перекрываемая золотником; ε – радиальный зазор между золотником и корпусом распределителя.

Силы со стороны потока рабочей жидкости при обтекании золотника (силы давления) разделяются на гидростатические и гидродинамические. Гидростатические силы возникают от действия давления на неподвижный золотник при покоящейся или движущейся с очень малыми скоростями рабочей среды.

Гидродинамические силы (осевые) обусловлены действием давления при движении золотника или при движении рабочей среды. Действия сил давления эквивалентны силе жидкостного трения и аналогично силе пружины стремятся вернуть золотник в нейтральное положение. Сначала гидродинамическая сила возрастает с увеличением перемещения золотника, а затем падает до нуля, что приводит к возникновению автоколебаний золотника, а впоследствии и системы в целом. Величина гидродинамической силы зависит от изменения угла отклонения потока рабочей

среды от оси золотника, а также от правильности геометрических форм элементов золотниковой пары, от величины зазоров между ними и от давления в системе. У одного и того же золотника угол отклонения потока рабочей жидкости от оси золотника может быть различным при разных значениях величины смещения золотника от нейтрального положения. Кроме того, при протекании через каналы гидроаппарата абсорбированные молекулы рабочей жидкости могут прилипнуть к поверхностям элементов деталей золотниковой пары, что также будет влиять на изменение величины гидродинамической силы [3].

Для уменьшения сил давления на золотник применяют метод компенсации, при котором золотнику и расточке в корпусе гидроаппарата придают форму обратного конуса, что обеспечивает встречное направление действия гидродинамических сил на золотник при обтекании его буртов потоком рабочей жидкости.

Полная сила давления определяется по зависимости:

$$F_{ГД} = 2 \cdot \mu^2 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot x \cdot \cos \theta (P_n - P_A + P_B - P_{сл}), \quad (2)$$

где μ – коэффициент расхода жидкости в окне распределителя; d_3 – диаметр золотника; θ – угол наклона вектора гидродинамической силы к оси золотника; $P_n, P_A, P_B, P_{сл}$, соответственно – давление жидкости перед распределителем, на входе в трубопровод высокого давления и на выходе трубопровода низкого давления, в сливном канале.

Таким образом, можно выделить основные конструктивные параметры золотника, непосредственно влияющие на динамику работы гидроаппарата золотникового типа:

- размеры и форма элементов золотниковой пары;
- относительная величина зазора между элементами золотниковой пары;
- правильность геометрических форм рабочих окон золотника и гидроаппарата и соосность их расположения;
- длина рабочей полости запорно-регулирующего элемента гидроаппарата;
- давление рабочей жидкости в системе;
- жесткость упругого элемента в конструкции гидроаппарата, применяемого для возвращения золотника в нейтральное положение.

Литература

1. Железнякова, Ю. И. Расчет золотникового гидрораспределителя с улучшенными динамическими характеристиками / Ю. И. Железнякова, Д. Л. Стасенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : XXII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2022 г. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; редкол.: А. А. Бойко [и др.]. – Гомель, 2022. – С. 41–43.
2. Лаевский, Д. В. Рекомендации по проектированию направляющих аппаратов / Д. В. Лаевский, Д. Л. Стасенко // Современные проблемы машиноведения : тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 20–21 окт. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. С. И. Тимошина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – С. 63–64.
3. Свойкин, А. О. Уменьшение гидродинамической силы в гидрораспределителе путем модернизации деталей золотниковой пары / А. О. Свойкин // Науч.-техн. вестн. Брян. гос. ун-та. – 2021. – № 4. – С. 356–367.