

Применение пневматической установки для определения расходной характеристики гидропривода при малых сигналах управления

10, октябрь 2016

Попов Д. Н.¹, Сосновский Н. Г.^{1,*}, Туймебай А.¹

УДК: 62-522

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

^{*}sosn@bmstu.ru

Введение

Контроль размеров и расходных характеристик золотниковых распределителей гидроприводов является необходимой операцией, значение которой все больше возрастает с дальнейшим совершенствованием технологии изготовления устройств гидроавтоматики [1, 2]. Наиболее распространены цилиндрические золотниковые распределители (ЦЗР). Допуск на изготовление кромок буртов золотника и окон гильзы составляет величину порядка 20 мкм, причем для авиационных гидроприводов допуск еще более жесткий, так как разброс расходной характеристики в области «нуля» должен быть на порядок меньший, чем в приводах прежних поколений [3, 4]. Требования эти диктуются тем, что амплитуды сигналов управления достигают десятых и сотых долей процента от своих номинальных значений.

Среди средств контроля размеров в машиностроении получил распространение пневматический метод, с помощью которого можно определить изменение расходной характеристики в области «нуля» открытых окон золотникового распределителя [5]. Такие изменения могут быть вызваны несоблюдением допусков при изготовлении золотника и гильзы, а также износом кромок буртов золотника и окон в гильзе.

* * *

Пневматический метод позволяет осуществлять контроль точности изготовления и степень износа кромок, не разбирая ЦЗР. Этот метод, в частности, получил применение при проверке ЦЗР авиационных гидроприводов [5, 6].

В данной статье пневматический метод апробирован на специально собранной в лаборатории кафедры Э10 МГТУ им. Н.Э. Баумана установке.

Объектом исследований выбран ЦЗР фирмы Festo.

В результате экспериментов определена расходная характеристика ЦЗР при продувке его воздухом. Эта характеристика затем пересчитана в расходную характеристику ЦЗР гидропривода.

Общий вид установки для испытаний ЦЗР продувкой воздухом показан на рис. 1. На рис. 2 изображен продольный разрез ЦЗР с пропорциональным управлением.

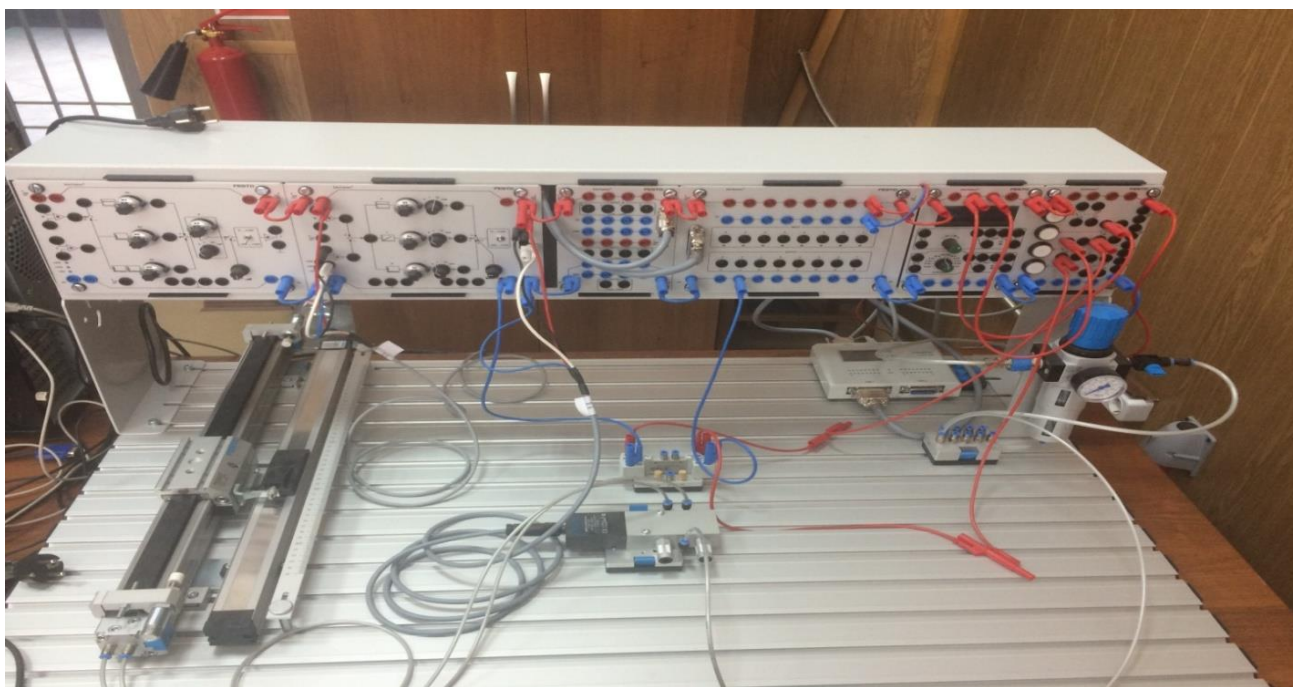


Рис. 1. Пневматическая установка для испытаний ЦЗР

Параметры установки.

1. Электрические: максимальное изменение напряжения (В) – 5, тока (мА) – 12.
2. Условия рабочей и окружающей сред:
 - Рабочее давление (бар) – 0...10.
 - Окружающая температура ($^{\circ}\text{C}$) – 0...50.
 - Температура среды ($^{\circ}\text{C}$) – 5...40.

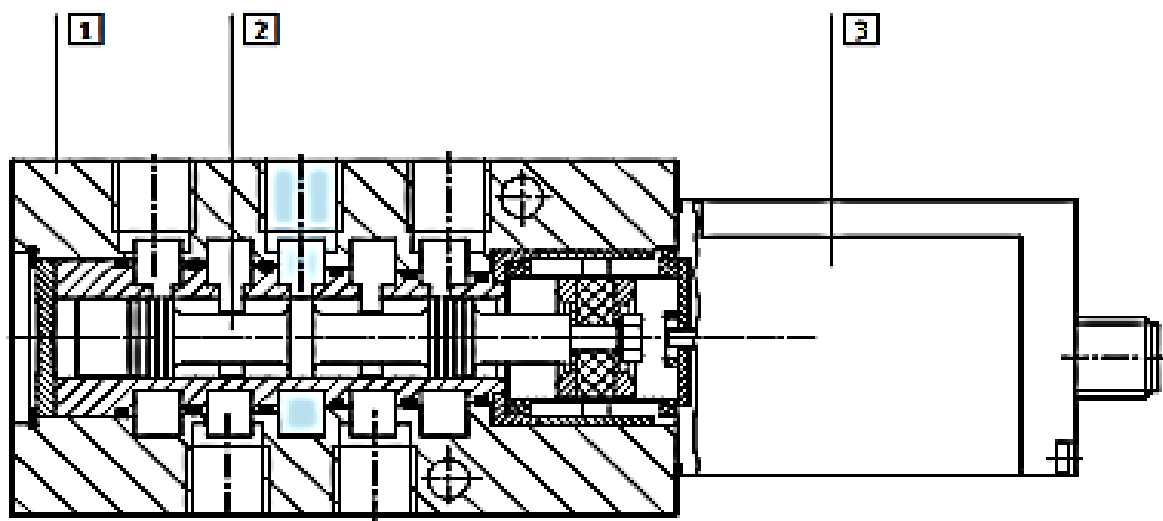


Рис. 2. ЦЗР с пропорциональным управлением:

1 – корпус, 2 – золотник (три бурта, диаметр 6 мм), 3 – управляющее электромагнитное устройство

Схема стенда для определения характеристик ЦЗР показана на рис.3. При различных входных напряжениях определяются расходы воздуха, проходящего через золотниковый распределитель 8. При пневматическом контроле предварительно устанавливают разные смещения золотника с помощью вольтметра 7. Затем с помощью расходомера определяют расход воздуха и по манометрам 3,4 фиксируют перепад давления на расходомере при давлении питания $P_n=1$ бар.

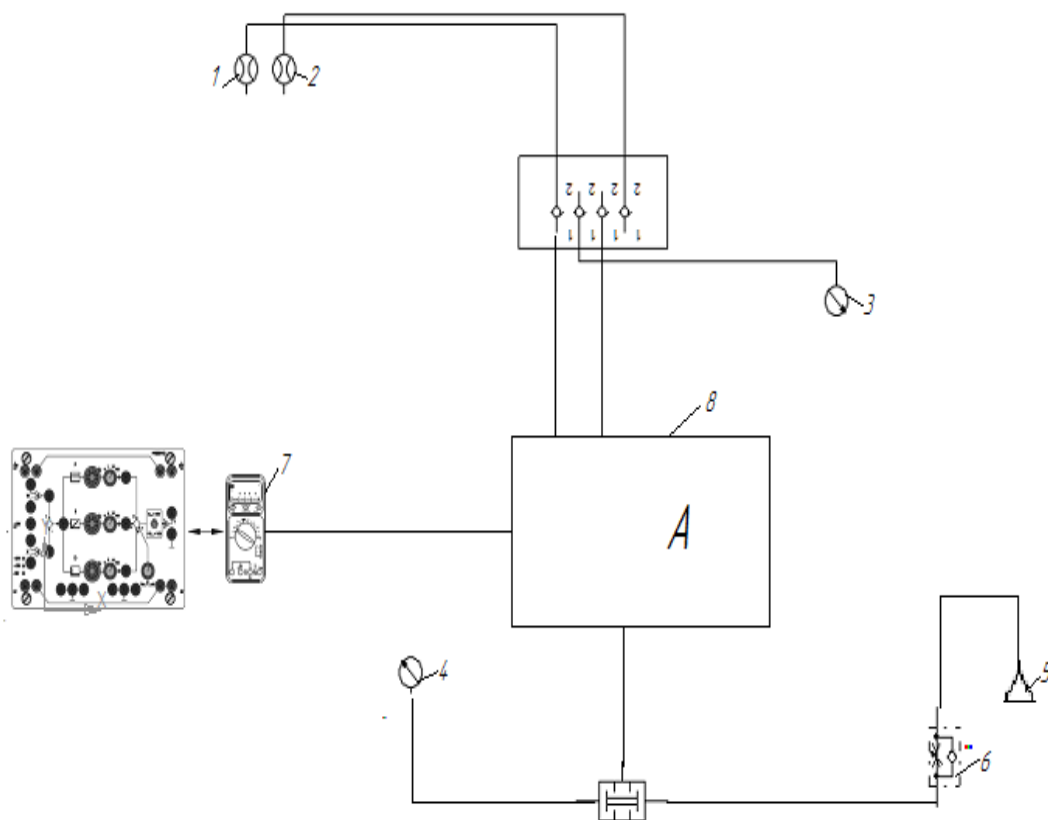


Рис. 3. Схема установки для пневматических испытаний ЦЗР:

1,2 – ротаметры; 3,4 – манометры; 5 – источник питания; 6 – дроссель; 7 – вольтметр;
8 – цилиндрический золотниковый распределитель

При экспериментах были определены расходы воздуха, проходящего через ЦЗР, в котором изменением напряжения управления устанавливались смещения золотника. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений при продувке ЦЗР воздухом

№ изм.	U, В (Напряжение сигнала управления)	Q _{средний1} , л/мин (суммарный расход газа через окна, открываемые золотником)	Q _{средний2} , л/мин (расход газа через левое окно, открываемое золотником)	P _п , бар (давление питания)
1	-5	29,5	8	1
2	-5,1	29,4	12	1
3	-5,2	30,5	10	1
4	-5,3	33,5	8,5	1
5	-4,9	30,5	16,5	1
6	-4,8	32	20	1
7	-4,7	40,5	20	1

На рис. 4 представлена полученная в результате экспериментов расходная характеристика ЦЗР (расход газа, проходящий через щели между кромками буртов золотника и окон в гильзе)

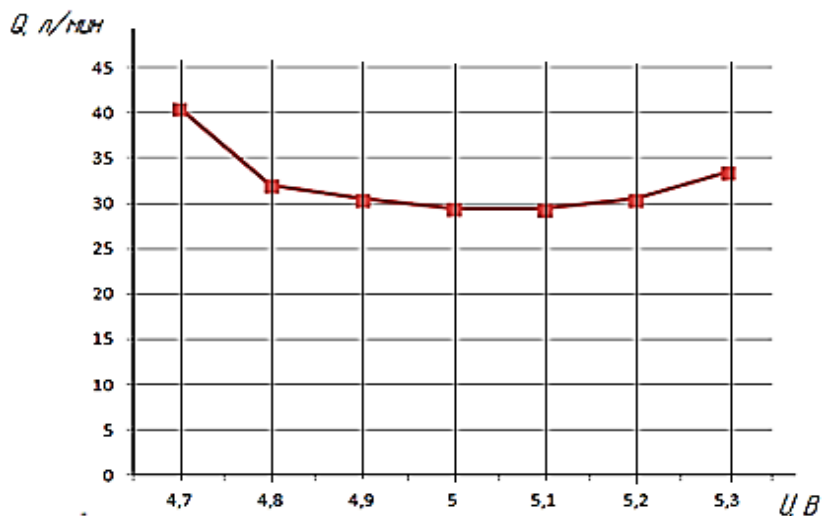


Рис. 4. Расходная характеристика ЦЗР, полученная продувкой воздуха

Приведенные результаты экспериментов можно путем расчета перенести на реальные условия эксплуатации гидропривода. Для этого, сохранив размеры ЦЗР, следует заменить плотность воздуха плотностью рабочей жидкости (РЖ) гидропривода [7,8]. Остальные величины можно определить с помощью формул для вычисления массовых расходов.

Массовый расход газа через отверстия рассчитывается по формуле:

$$G = \mu_r \cdot C \cdot f \cdot \frac{P_{\Pi}}{\sqrt{T_{\Pi}^0}},$$

где μ_r – коэффициент расхода при истечении газа; f – площадь отверстия;
 T_{Π}^0 – температура газа.

$$C = \sqrt{\frac{k}{R \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}$$

где k – коэффициент Пуассона, для воздуха $k = c_p/c_v = 1,4$; R – удельная газовая постоянная, обычно для воздуха $R = 287 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$; $C=0,0404$.

Массовый G и объемный Q_r расходы газа, поступающего через отверстие, можно связать соотношением

$$Q_r = \frac{G}{\rho_r}.$$

Учитывая это соотношение, приведем уравнение к виду

$$Q_r = \frac{\mu \cdot C \cdot f \cdot P_{\Pi}}{\rho_r \cdot \sqrt{T_{\Pi}^0}}.$$

При этом получаем:

$$\frac{Q_{\text{ж}}}{Q_{\Gamma}} = \frac{\mu_{\text{ж}} \cdot f \sqrt{2\Delta P_{\text{ж}} / \rho_{\text{ж}}}}{\frac{\mu_{\Gamma} \cdot C \cdot f \cdot P_{\Pi}}{\rho_{\Gamma} \cdot \sqrt{T_{\Pi}^0}}},$$

где $\mu_{\text{ж}}$ – коэффициент расхода при истечении жидкости.

Расход жидкости $Q_{\text{ж}}$ вычисляют по формуле вида:

$$Q_{\text{ж}} = \frac{\mu_{\text{ж}} \cdot Q_{\Gamma} \cdot \sqrt{2\Delta P_{\text{ж}} / \rho_{\text{ж}} \cdot \rho_{\Gamma} \cdot \sqrt{T_{\Pi}^0}}}{\mu_{\Gamma} \cdot C \cdot P_{\Pi}}. \quad (1)$$

Расход жидкости, проходящий через ЦЗР рассчитан (при $\mu_{\Gamma} = \mu_{\text{ж}}$) по формуле (1). Результаты расчетов приведены ниже (табл. 2).

Таблица 2. Расходы жидкости в ЦЗР при различных входных напряжениях

№ изм.	U, В (Напряжение сигнала управления)	Q _{сред1} , л/мин (суммарный расход жидкости через окна, открываемые золотником)	Q _{сред2} , л/мин (расход жидкости через левое окно, открываемое золотником)	P _п , бар (давление питания)
1	-5	2,242	0,608	1
2	-5,1	2,234	0,912	1
3	-5,2	2,318	0,76	1
4	-5,3	2,546	0,646	1
5	-4,9	2,318	1,254	1
6	-4,8	2,432	1,52	1
7	-4,7	3,078	1,52	1

На рис. 5 представлена расходная характеристика ЦЗР (суммарный расход жидкости, проходящий через щели между кромками буртов золотника и окон в гильзе) при давлении питания 1 бар.

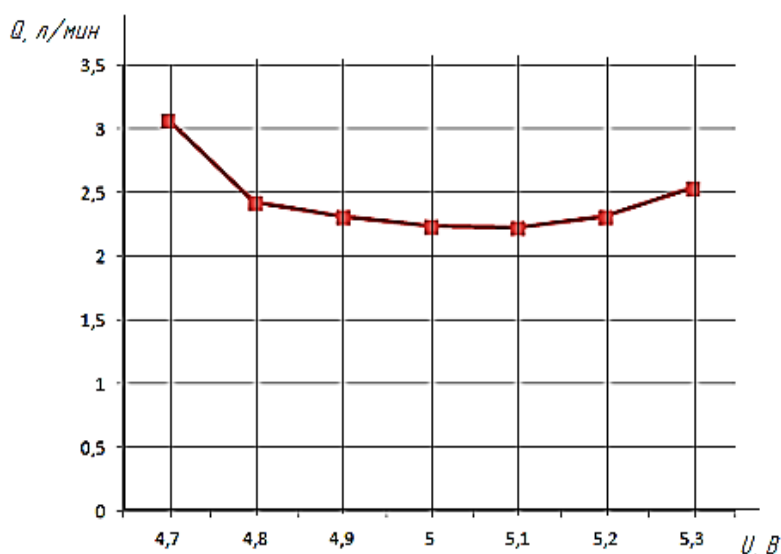


Рис. 5. Расходная характеристика ЦЗР, при течении жидкости

Заключение

Пневматический метод контроля ЦЗР является достаточно простым, не требующим сложной экспериментальной установки. Однако для перехода к характеристикам реальных гидроприводов могут потребоваться данные о коэффициентах расхода, которые могут иметь различные значения при истечении через отверстия воздуха и рабочей жидкости. В связи с чем полезно предварительно базовый образец ЦЗР испытать на той рабочей жидкости, которая будет применена при эксплуатации гидропривода.

Список литературы

- [1]. Попов Д.Н. Механика гидро- и пневмоприводов: учебник для вузов. 2-е изд., стер. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002. 319 с.
- [2]. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода. Изд. 2-е, пер. и доп. Киев: Техніка. 1977. 320 с.
- [3]. Фомичев В.М. Проектирование характеристик золотниковых распределителей в области "нуля" // Гидравлика и пневматика. 2005. № 20. С. 49-54.
- [4]. Бекиров Я.А. Технология производства следящего гидропривода. М.: Машиностроение. 1977. 224 с.
- [5]. Вимер А. Пневматические измерения размеров: учебник. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 1962. 50 с.
- [6]. Фомичев В.М. Проектирование электрогидравлических усилителей следящих приводов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 44 с.
- [7]. Попов Д.Н., Панаиотти С.С., Рябинин М.В. Гидромеханика: учеб. пособие. / ред. Попов Д. Н. 3-е изд., испр. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 317 с.
- [8]. Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. Ч. 1. Пневматические приводы и средства автоматизации. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. 240 с.