

В.И. Васенин, А.В. Богомягков, К.В. Шаров
V.I. Vasenin, A.V. Bogomiagkov, K.V. Sharov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

INVESTIGATION INTO A INTERFERENCE OF THE LOCAL RESISTANCES OF THE GATING SYSTEM

Исследовано взаимное влияние (интерференция) местных сопротивлений литниковой системы. Установлено, что при интерференции коэффициент сопротивления системы уменьшается, а расход жидкости в ней увеличивается.

Ключевые слова: литниковая система, стояк, коллектор, гидравлическое сопротивление, интерференция, скорость потока, расход жидкости.

The results of research of a interference local resistances of the gating system are presented. It is established that the hydraulic resistance of the gating system decreases, liquid flow rate rises.

Keywords: gating system, sprue, collector, hydraulic resistance, interference, flow speed, liquid flow rate.

Приводимые в справочниках экспериментальные данные о коэффициентах местных сопротивлений относятся к движению жидкости с нормальным (выровненным) полем скоростей. В практике местные сопротивления размещены иногда настолько близко одно к другому, что поток между ними не успевает выравниваться, поскольку вихреобразования, возникающие при проходе через местное сопротивление, сказываются на значительном протяжении вниз по течению. То расстояние после местного сопротивления, в пределах которого устанавливается нормальная (выровненная) эпюра скоростей и прекращается влияние местного сопротивления на поток, называется длиной влияния местного сопротивления $l_{вл}$. Суммарный коэффициент местного сопротивления нескольких близко расположенных сопротивлений может быть как больше, так и меньше суммы соответствующих коэффициентов единичных сопротивлений в зависимости от длины прямого участка между ними.

В первом приближении для оценки длины влияния пользуются соотношением $l_{вл} \geq (30...40)d$, где d – гидравлический диаметр трубы. В случаях,

когда расстояние между отдельными сопротивлениями меньше длины влияния, возмущающее влияние одного местного сопротивления сказывается на другом. Так, коэффициент сопротивления двух близко расположенных диафрагм составляет всего 40 % от суммы их сопротивлений. Уменьшение суммарного коэффициента при малых отношениях l/d можно объяснить тем, что поток после первого сопротивления не успевает выровняться, и потеря напора, которая израсходовалась бы на это выравнивание (при больших l/d), экономится [1, с. 219–222; 2, с. 172–175].

В подобных случаях говорят об интерференции, т.е. взаимном влиянии местных сопротивлений. Явление интерференции до сих пор исследовано слабо.

В литниковых системах (ЛС) расстояние между местными сопротивлениями обычно значительно меньше $30d$, а местным сопротивлением является поворот потока на 90° . Исследований интерференции местных сопротивлений ЛС не проводилось. Данная работа является попыткой изучения этого явления.

Экспериментальная ЛС (рис. 1) состоит из литниковой чаши, стояка, коллектора и интерферометра – приспособления для получения различного количества поворотов потока жидкости (от одного до четырех). Фотографии установки приведены на рис. 2 и 3. Для измерения напора жидкости перед интерферометром в сечении б–б коллектора установлен пьезометр – стеклянная трубочка внутренним диаметром 4,5 и длиной 370 мм. Внутренний диаметр чаши 272 мм, высота воды в чаше 103,5 мм. Продольные оси коллектора и интерферометра находятся в одной плоскости. Уровень жидкости H – расстояние по вертикали от сечения 1–1 в чаше до продольных осей коллектора и интерферометра – поддерживался постоянным путем непрерывного доливания воды в чашу и слива ее излишков через специальную щель в чаше: $H = 0,363$ м. Расстояние между поворотами на 90° составляет 35 мм, диаметр всех отверстий в интерферометре 16,03 мм. Тогда относительное расстояние между поворотами на 90° $l^* = 35 / 16,03 = 2,18$, значительно меньше 30.

Составим уравнение Бернулли (УБ) для сечений б–б и 7–7:

$$\frac{p_6}{\gamma} + \alpha \frac{v_6^2}{2g} = \frac{p_7}{\gamma} + \alpha \frac{v_7^2}{2g} + h_{6-7}, \quad (1)$$

где p_6 и p_7 – давления в сечениях б–б и 7–7, Н/м², p_7 равно атмосферному давлению; $p_7 = p_a$; γ – удельный вес жидкого металла, Н/м³; α – коэффициент неравномерности распределения скорости по сечению потока (коэффициент Кориолиса), принимаем $\alpha = 1,1$ [3]; v_6 и v_7 – скорости жидкости в сечениях б–б и 7–7, м/с; $v_5 = v_6 = v_7$; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; h_{6-7} – потери напора при движении жидкости от сечения б–б до сечения 7–7, м. Эти

потери напора $h_{1-7} = \alpha \frac{v_7^2}{2g} \left(\lambda \frac{l_{6-7}}{d_7} + N\zeta \right)$, где λ – коэффициент потерь на трение;

l_{6-7} – расстояние между сечениями 6–6 и 7–7, м; d_7 – гидравлический диаметр сечения 7–7, м; N – число поворотов на 90° ; ζ – коэффициент местного сопротивления поворота на 90° .

Введем следующее обозначение: $H_6 = (p_6 - p_a) / \gamma$. Теперь (1) запишется в следующем виде: $H_6 = \alpha \frac{v_7^2}{2g} \left(\lambda \frac{l_{6-7}}{d_7} + N\zeta \right)$. Найдем

$$N\zeta = \frac{2gH_6}{\alpha v_7^2} - \lambda \frac{l_{6-7}}{d_7}. \quad (2)$$

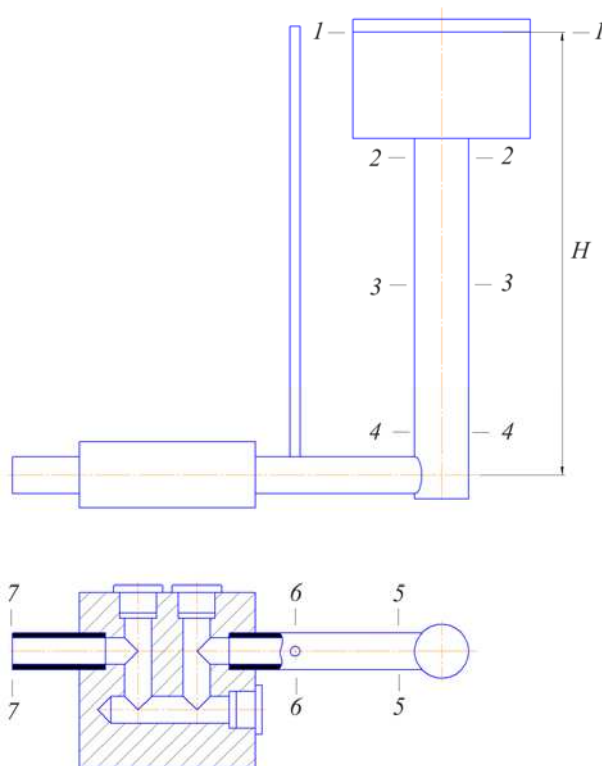


Рис. 1. Установка для исследования интерференции местных сопротивлений

В данной ЛС диаметр стояка $d_{ст} = 0,02408$ м, длина (высота) стояка $l_{ст} = 0,2675$ м, $d_5 = d_6 = d_7 = 0,01603$ м. Расстояние l_{6-7} между сечениями 6–6 и 7–7 равно 0,229 м при одном или двух поворотах на 90° и 0,264 м – при трех

или четырех поворотах. Коэффициент $\lambda = 0,03$ [4]. Напор H_6 в сечении 6–6 измеряли металлической линейкой (см. рис. 2, 3). Экспериментальные данные о H_6 и v_7 и результаты расчетов $N\zeta$ по выражению (2) приведены в таблице.



Рис. 2. Установка при нулевом расходе жидкости



Рис. 3. Истечение воды из интерферометра при одном повороте на 90°

Характеристики системы

N	H_6 , м	v_7 , м/с	$N\zeta$	ζ
1	0,169	1,30	1,35	1,35
2	0,216	1,11	2,71	1,36
3	0,232	1,05	3,25	1,08
4	0,253	0,95	4,47	1,12

Как видно из таблицы, при переходе от одного поворота к четырем коэффициент местного сопротивления поворота на 90° уменьшился с 1,35 до 1,12. Понятно, что достоверно $N\zeta$, а не ζ . Это среднее значение. Неизвестно, какой коэффициент сопротивления в данном повороте на самом деле. Если бы не было интерференции, то $N\zeta = 4 \cdot 1,35 = 5,40$. А при интерференции $N\zeta = 4,47$, на 21 % меньше. Подсчитаем, как скажется интерференция местных сопротивлений на расходе жидкости в системе. Коэффициент сопротивления ЛС $\zeta_{1-7(7)}$ от сечения 1–1 до сечения 7–7, приведенный к скорости v_7 ,

$$\zeta_{1-7(7)} = \left(\zeta_{\text{ст}} + \lambda \frac{l_{\text{ст}}}{d_{\text{ст}}} \right) \left(\frac{S_7}{S_{\text{ст}}} \right)^2 + \zeta_{\text{к}} + \lambda \frac{l_{\text{ст}-7}}{d_7} + N\zeta,$$

где $\zeta_{ст}$, ζ_k – коэффициенты местных сопротивлений входа металла из чаши в стояк, поворота из стояка в коллектор; S_7 и $S_{ст}$ – площадь сечения 7–7 и стояка, м²; $l_{ст-7}$ – расстояние от стояка до сечения 7–7, м. $l_{ст-7}$ равно 0,5695 м при одном или двух поворотах на 90° и 0,6045 м – при трех или четырех поворотах. Коэффициент расхода системы от сечения 1–1 до сечения 7–7, приведенный к скорости v_7 , $\mu_{1-7(7)} = (1 + \zeta_{1-7(7)})^{-1/2}$. Скорость $v_7 = \mu_{1-7(7)} \sqrt{2gH / \alpha}$, расход в системе $Q = v_7 S_7$. Значения коэффициентов: $\zeta_{ст} = 0,12$ [5], $\zeta_k = 0,396$ [6]. Результаты расчетов для ЛС с четырьмя поворотами без учета интерференции и при ее учете таковы: $\zeta_{1-7(7)} = 6,62$ и 5,69, $\mu_{1-7(7)} = 0,36$ и 0,39, $v_7 = 0,92$ и 0,98 м/с, $Q = 186,03$ и 198,54 см³/с. Как видно, при интерференции расход на 6,7 % больше по сравнению со случаем, когда интерференция местных сопротивлений не учитывается.

Таким образом, интерференция местных сопротивлений в литниковых системах происходит. Интерференция сопротивлений может увеличить расход в системе на 5–10 %. Учесть интерференцию сопротивлений при расчетах ЛС пока не представляется возможным ввиду ограниченности экспериментальных данных. Это будет некоторый запас в сторону увеличения расчетного расхода в системе.

Список литературы

1. Альтшуль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1987. – 414 с.
2. Рабинович Е.З. Гидравлика. – М.: Недра, 1974. – 296 с.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – М.: Бастет, 2008. – 672 с.
4. Токарев Ж.В. К вопросу о гидравлическом сопротивлении отдельных элементов незамкнутых литниковых систем // Улучшение технологии изготовления отливок. – Свердловск: Изд-во УПИ, 1966. – С. 32–40.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
6. Исследование местных сопротивлений литниковой системы / В.И. Васенин, Д.В. Васенин, А.В. Богомягков, К.В. Шаров // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 2. – С. 46–53.

Получено 15.02.2013

Васенин Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: vasseninvaleriy@mail.ru).

Богомягков Алексей Васильевич – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: lp@pstu.ru).

Шаров Константин Владимирович – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: lp@pstu.ru).

Vasenin Valery Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: vasseninvaleriy@mail.ru).

Bogomiagkov Aleksey Vasilievich – Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: lp@pstu.ru).

Sharov Konstantin Vladimirovich – Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: lp@pstu.ru).