

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

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЛИНЫ ПИТАТЕЛЯ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ**

**INVESTIGATION INTO A INFLUENCE RELATIVE LENGTH
OF THE FEEDER UPON THE DESCRIPTION
OF THE GATING SYSTEM**

Исследовано влияние относительной длины питателя на его гидравлическое сопротивление, скорость жидкости в нем и характер истечения жидкости.

Ключевые слова: литниковая система, стояк, коллектор, питатель, гидравлическое сопротивление, скорость потока.

The results research of the influence relative length of the feeder upon hydraulic resistance, flow speed and character flow are presented.

Keywords: gating system, sprue, collector, feeder, hydraulic resistance, flow speed.

В гидравлике трубы делятся на длинные и короткие. Для длинной трубы учитываются только потери по длине, для короткой трубы – как потери по длине, так и местные потери. Насадком называется весьма короткая напорная труба, при гидравлическом расчете которой следует пренебрегать потерями напора по длине; необходимо учитывать только местные потери напора. Эта напорная труба на всем своем протяжении (в том числе в выходном сечении) должна быть полностью заполнена жидкостью. Длина насадка обычно равна 3,5 – 7 его внутренним диаметрам. Если относительная длина насадка меньше 3,5 – 4, то длина насадка оказывается недостаточной, чтобы в ее пределах струя успела расшириться до полного сечения, и расход жидкости из насадка падает [1, с. 394]. В литниковых системах (ЛС) относительная длина питателя (насадка) $l_n^* = l_n / d_n$ может быть и больше 7, и меньше 3, и равной 3–7. Нужно исследовать влияние l_n^* на характеристики ЛС.

Экспериментальная ЛС (рис. 1) состоит из литниковой чаши, стояка, коллектора и питателя. Для измерения напора жидкости в сечении б–б коллектора установлен пьезометр – стеклянная трубочка внутренним диаметром 4,5 мм и длиной 370 мм. Внутренний диаметр чаши 272 мм, высота воды в чаше 103,5 мм. Продольные оси коллектора и питателя находятся в одной горизонтальной плоскости. Уровень жидкости H – расстояние по вертикали от сечения 1–1 в чаше до продольных осей коллектора и питателя – поддерживался постоянным путем непрерывного доливания воды в чашу и слива ее излишков через специальную щель в чаше: $H = 0,363$ м. Отверстие в питателе окончательно получали с помощью развертки: $d_{\text{п}} = 9,03$ мм. Чтобы исключить влияние механической обработки на точность размеров, длину питателя уменьшали фрезерованием. Длина питателя $l_{\text{п}}$ составляла 4,5–81 мм, относительная длина питателя $l_{\text{п}}^* = l_{\text{п}} / d_{\text{п}} = 0,5 \dots 9,0$. Результаты исследований приведены в таблице. Фотография процесса истечения жидкости из питателя длиной 4,5 мм показана на рис. 2: при такой длине жидкость выливается не перпендикулярно продольной оси коллектора, а под углом $\sim 30^\circ$ к ней.

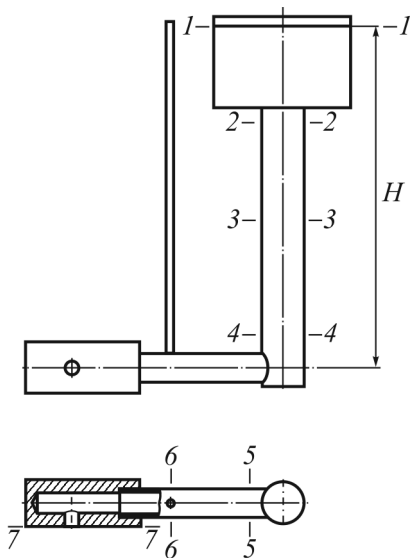


Рис. 1. Литниковая система

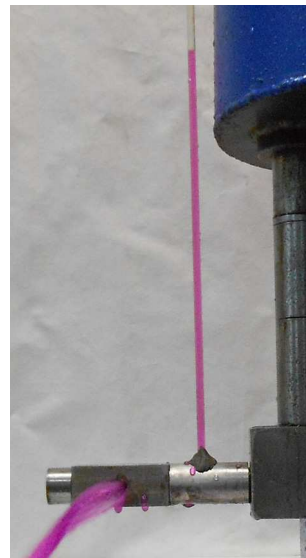


Рис. 2. Истечение воды из питателя длиной 4,5 мм ($l_{\text{п}}^* = 0,5$)

Коэффициент местного сопротивления поворота из коллектора в питатель и изменения площадей сечений потока до и после поворота, приведенный к скорости жидкости в питателе $v_{\text{п}}$, подсчитываем по следующей форму-

ле [2]: $\zeta_{\text{п}} = \frac{2gH_6}{\alpha\gamma v_{\text{п}}^2} + \left(1 - \lambda \frac{l_{6-\text{п}}}{d_{\text{к}}}\right) \left(\frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{к}}}\right)^2 - \lambda \frac{l_{\text{п}}}{d_{\text{п}}} - 1$, где g – ускорение свободного падения, м/с²; H_6 – напор в сечении б–б, м; α – коэффициент неравномерности распределения скорости по сечению потока (коэффициент Кориолиса), $\alpha = 1,1$ [1, с. 108]; γ – удельный вес жидкости, Н/м³; $v_{\text{п}}$ – скорости жидкости в питателе, м/с; λ – коэффициент потерь на трение, $\lambda = 0,03$ [3]; $l_{6-\text{п}}$ – длина коллектора от сечения б–б до продольной оси питателя, м; $l_{6-\text{п}} = 0,0595$ м; $d_{\text{к}}$ – гидравлический диаметр коллектора, м; $d_{\text{к}} = 0,01603$ м, $S_{\text{п}}$ и $S_{\text{к}}$ – площади поперечных сечений питателя и коллектора, м².

Влияние длины питателя на характеристики литниковой системы

Длина питателя $l_{\text{п}}$, мм	Относительная длина питателя $l_{\text{п}}^*$	Напор H_6 , мм	Скорость воды в питателе $v_{\text{п}}$, м/с	Коэффициент местного сопротивления питателя $\zeta_{\text{п}}$
81	9	321,5	1,939	0,346
63	7	320,3	1,952	0,379
49,5	5,5	315,5	1,948	0,354
45	5	315,0	1,997	0,350
36	4	314,8	2,025	0,340
27	3	313,5	2,121	0,243
18	2	313,3	2,045	0,365
9	1	323,4	~ 1,7	~ 1
4,5	0,5	323,3	~ 1,7	~ 1

Как видно, с уменьшением длины питателя в 3 раза, с 81 до 27 мм, скорость жидкости возросла с 1,939 до 2,121 м/с, на 9,4 %, а коэффициент сопротивления питателя $\zeta_{\text{п}}$ снизился с 0,346 до 0,243, на 30 %. При длине питателя 18 мм скорость жидкости немного уменьшилась (на 3,6 %), а коэффициент сопротивления увеличился в 1,5 раза. При длине питателя 9 и 4,5 мм скорость упала на 15 %, однако питатель работал не полным сечением, а в виде кольца жидкости толщиной около 1 мм. Следовательно, подсчитать скорость и коэффициент сопротивления можно весьма условно.

При $l_{\text{п}}^* = 3$ получена максимальная скорость истечения жидкости из питателя, несмотря на то что в [1, с. 394] утверждается, что при $l_{\text{п}}^* < 3,5 \dots 4,0$ питатель работает не полным сечением, а скорость истечения минимальная.

Коэффициент $\zeta_{\text{п}}$ при уменьшении $l_{\text{п}}^*$ с 9 до 4 практически не меняется – $0,35 \pm 0,01$ – как и должно быть, так как вход из коллектора в питатель остается неизменным. В случае $l_{\text{п}}^* = 3$ меняется режим течения, скорость истече-

ния растет, а $\zeta_{\text{п}}$ необъяснимо падает с 0,340 до 0,243. Дальнейшее уменьшение $l_{\text{п}}^*$ ведет к росту $\zeta_{\text{п}}$ и падению скорости жидкости в питателе. И использование питателей с $l_{\text{п}}^* < 3$ нецелесообразно.

Коэффициент $\zeta_{\text{п}} = 0,35$ при $d_{\text{п}} = 9,03$ мм, $d_{\text{к}} = 16,03$ мм и $S_{\text{п}} / S_{\text{к}} = 0,317$. Если увеличить $d_{\text{к}}$ до 30,08 мм, то $S_{\text{п}} / S_{\text{к}} = 0,09$, а $\zeta_{\text{п}} = 0,32$. При $d_{\text{к}} = 175$ и 315 мм $\zeta_{\text{п}} = 0,30$. А в [1, с. 392] говорится, что $\zeta_{\text{п}} = 0,5$. Это примерно соответствует потерям напора на вход в питатель $\zeta_{\text{п}} = 0,35$ + потери на трение $\lambda \cdot 5l_{\text{п}}^* = 0,15$. И следовательно, в насадках потери на трение учитываются, вопреки тому, что написано в [1].

Всего было изготовлено около 60 питателей с $d_{\text{п}} = 4...24$ мм, $d_{\text{к}} = 9...315$ мм и, соответственно, разными $S_{\text{п}} / S_{\text{к}}$ [4, 5]. Использовали насадки только круглого поперечного сечения, так как насадки некруглого поперечного сечения невозможно сделать одинаковыми. Входная кромка из коллектора в питатель не закруглялась. Изменяли H от 93 до 1084 мм. И для отношения $S_{\text{п}} / S_{\text{к}} \leq 0,04$ (типичный насадок) $\zeta_{\text{п}} = 0,30$, что значительно меньше величины 0,5, приводимой в литературе.

Попробуем понять, откуда взялось число 0,5. В учебниках (см., например, [1, с. 192]) и справочниках по гидравлике приводится формула для определения коэффициента внезапного сужения, который зависит от соотношения площадей живого сечения S_1 (большее сечение) и S_2 (меньшее сечение): $\zeta_{\text{вс}} = 0,5(1 - S_2 / S_1)$. Сомножитель 0,5, по-видимому, определен по экспериментальным данным. А если вход в трубу происходит из сосуда большого размера, то $S_2 / S_1 = 0$, а $\zeta_{\text{вс}} = 0,5$. Ошибка в этом переходе, нельзя было его делать. Следовало экспериментально определить коэффициент сопротивления насадка. По-видимому, надо вносить исправления и в определение понятия «насадок», и в расчет его местного сопротивления.

Таким образом, исследовано влияние длины питателя на истечение жидкости. При уменьшении относительной длины питателя с 9 до 3 сопротивление питателя уменьшается, а скорость истечения жидкости из него растет. При меньшей относительной величине питателя процесс становится неустойчивым, питатель работает неполным сечением, коэффициент сопротивления питателя увеличивается, а скорость истечения жидкости значительно уменьшается. Приводимые в литературе данные об истечении из насадка (питателя) учитывают на самом деле не только потери в местном сопротивлении входа, но и потери на трение по длине насадка.

Список литературы

1. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – М.: Бастет, 2008. – 672 с.
2. 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.
3. 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.
4. Васенин В.И., Богомягков А.В., Шаров К.В. Исследования L-образных литниковых системы // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2012. – Т. 14, № 4. – С. 108–122.
5. Vasenin V.I., Bogomyagkov A.V., Sharov K.V. Research of gating system with collector of variable crosssection // Science, Technology and Higher Education: materials of the II international research and practice conference, Vol. II. – Westwood (Canada): Accent Graphics communications, 2013. – P. 250–260.

Получено 21.05.2013

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

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

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