

В.И. Васенин, А.В. Богомялков, К.В. Шаров
V.I. Vasenin, A.V. Bogomjagkov, K.V. Sharov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ С ТРОЙНИКОМ*

INVESTIGATION INTO A GATING SYSTEM WITH A TRIFURCATION

Представлены результаты исследования литниковой системы с тройником для разных диаметров питателей и коллекторов. Установлено, что гидравлическое сопротивление тройника зависит от отношения суммарной площади питателей к площади коллектора. Результаты исследований могут быть использованы при физическом и математическом моделировании литниковых систем и расчетах систем для жидких металлов.

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

The results of research of a gating system with a trifurcation for the different diameters of feeders and collectors are presented. It is established that the hydraulic resistance depends on the ratio summary area of the feeders to area of the collector. There results can be used in physical and mathematical simulation of the gating systems and to calculation of the systems for liquid metals.

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

В гидравлике вообще и в литниковых системах (ЛС) в частности широко используется гидравлическое устройство «тройник». Возможны три варианта потоков в тройнике (рис. 1). На рис. 1, *а* представлена схема тройника, использующегося в L-образной ЛС. Такая система нами уже исследована теоретически и экспериментально [1, 2]. На рис. 1, *б* изображена схема сбора потоков (при литье не используется). Нас интересует тройник на рис. 1, *в* – это основа крестовинной ЛС, также он применяется в разветвленной, комбинированной и кольцевой ЛС. Информация о гидравлическом сопротивлении тройников крайне мала и противоречива.

Экспериментальная ЛС (рис. 2) состоит из литниковой чаши, стояка, коллектора и тройника. Для измерения напора жидкости перед тройником в сечении б–б коллектора установлен пьезометр – стеклянная трубочка внут-

* В работе участвовали А.А. Константинов, В.А. Сафронов и М.Ю. Щелконогов.

ренним диаметром 4,5 мм и длиной 400 мм. Внутренний диаметр чаши 272 мм, высота воды в чаше 103,5 мм. Продольные оси коллектора и тройника находятся в одной плоскости. Уровень жидкости H – расстояние по вертикали от сечения $I-I$ в чаше до продольных осей коллектора и тройника – поддерживался постоянным путем непрерывного доливания воды в чашу и слива ее излишков через специальную щель в чаше, $H = 0,3630$ м.

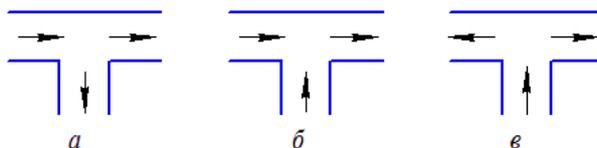


Рис. 1. Потoki жидкости в тройнике

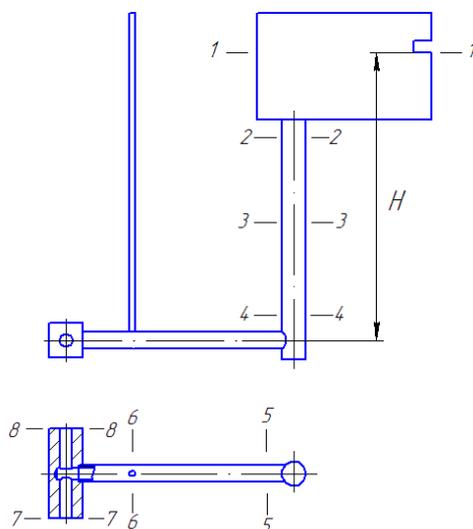


Рис. 2. Литниковая система с тройником

Произведем расчет гидравлических характеристик ЛС, показанной на рис. 2. Уравнение Бернулли (УБ) для сечений $I-I$ и $7-7$ при работе только одного питателя с выходным сечением $7-7$ запишется как

$$\frac{p_1}{\gamma} + \alpha \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{p_7}{\gamma} + \alpha \frac{v_7^2}{2g} + h_{1-7}^{(1)}, \quad (1)$$

где p_1 и p_7 – давления в сечениях $I-I$ и $7-7$, Н/м^2 (равны атмосферному давлению: $p_1 = p_7 = p_a$); γ – удельный вес жидкого металла, Н/м^3 ; α – коэффициент неравномерности распределения скорости по сечению потока (коэффициент Кориолиса), принимаем $\alpha = 1,1$ [3, с. 108]; g – ускорение свободного

падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; v_1 и v_7 – скорость жидкости в сечениях $1-1$ и $7-7$, м/с (вследствие большой разности площадей чаши S_1 в сечении $1-1$ и питателя S_7 в сечении $7-7$ можно принять $v_1 = 0$); $h_{1-7}^{(1)}$ – потери напора при движении металла от сечения $1-1$ до сечения $7-7$, приведенные к скорости v_7 (в случае работы только одного питателя), м. Эти потери напора

$$h_{1-7}^{(1)} = \left(\zeta_{\text{ст}} + \lambda \frac{l_{\text{ст}}}{d_{\text{ст}}} \right) \alpha \frac{v_{\text{ст}}^2}{2g} + \left(\zeta_{\text{к}} + \lambda \frac{l_{\text{к}}}{d_{\text{к}}} \right) \alpha \frac{v_{\text{к}}^2}{2g} + \left(\zeta_7 + \lambda \frac{l_7}{d_7} \right) \alpha \frac{v_7^2}{2g}, \quad (2)$$

где $\zeta_{\text{ст}}$, $\zeta_{\text{к}}$, ζ_7 – коэффициенты местных сопротивлений входа жидкости из чаши в стояк, поворота из стояка в коллектор и из коллектора в питатель с выходным сечением $7-7$; λ – коэффициент потерь на трение, принимаем $\lambda = 0,03$ [4]; $d_{\text{ст}}$ и $l_{\text{ст}}$ – диаметр и длина стояка, м, $d_{\text{ст}} = 0,02408$ м, $l_{\text{ст}} = 0,2675$ м; $v_{\text{ст}}$ и $v_{\text{к}}$ – скорость металла в стояке и коллекторе, м/с; $d_{\text{к}}$ и $l_{\text{к}}$ – диаметр и длина коллектора от стояка до продольной оси питателей, м, $d_{\text{к}} = 0,01603$ м, $l_{\text{к}} = 0,246$ м; d_7 и l_7 – диаметр и длина питателя, м; $d_{\text{п}} = 0,00903$ м, $l_{\text{п}} = 0,045$ м. Уравнение неразрывности при работе одного питателя $v_{\text{ст}} S_{\text{ст}} = v_{\text{к}} S_{\text{к}} = v_7 S_7$. Отсюда $v_{\text{ст}} = v_7 S_7 / S_{\text{ст}}$, $v_{\text{к}} = v_7 S_7 / S_{\text{к}}$. Подставив эти значения скоростей в выражение (2), получаем такую зависимость для потерь напора между сечениями $1-1$ и $7-7$, приведенных к скорости v_7 :

$$h_{1-7(7)}^{(1)} = \alpha \frac{v_7^2}{2g} \left[\left(\zeta_{\text{ст}} + \lambda \frac{l_{\text{ст}}}{d_{\text{ст}}} \right) \left(\frac{S_7}{S_{\text{ст}}} \right)^2 + \left(\zeta_{\text{к}} + \lambda \frac{l_{\text{к}}}{d_{\text{к}}} \right) \left(\frac{S_7}{S_{\text{к}}} \right)^2 + \zeta_7 + \lambda \frac{l_7}{d_7} \right]. \quad (3)$$

Часть выражения (3) в квадратных скобках – это коэффициент сопротивления ЛС от сечения $1-1$ до сечения $7-7$, приведенный к скорости v_7 и учитывающий работу только одного питателя с выходным сечением $7-7$:

$$\zeta_{1-7(7)}^{(1)} = \left(\zeta_{\text{ст}} + \lambda \frac{l_{\text{ст}}}{d_{\text{ст}}} \right) \left(\frac{S_7}{S_{\text{ст}}} \right)^2 + \left(\zeta_{\text{к}} + \lambda \frac{l_{\text{к}}}{d_{\text{к}}} \right) \left(\frac{S_7}{S_{\text{к}}} \right)^2 + \zeta_7 + \lambda \frac{l_7}{d_7}. \quad (4)$$

Коэффициент расхода ЛС от сечения $1-1$ до сечения $7-7$, приведенный к скорости жидкости v_7 и учитывающий работу только одного питателя,

$$\mu_{1-7(7)}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{1-7(7)}^{(1)}}}. \quad (5)$$

Скорость металла в сечении $7-7$

$$v_7^{(1)} = \mu_{1-7(7)}^{(1)} \sqrt{\frac{2gH}{\alpha}}. \quad (6)$$

Расход в этом сечении

$$Q_7^{(1)} = v_7^{(1)} S_7. \quad (7)$$

Для опытной ЛС $\zeta_{ст} = 0,10$ [5, с. 126], $\zeta_k = 0,396$ [6], $\zeta_7 = 0,314$ [6]. Расчеты по формулам (4)–(7) дают следующие результаты: $\zeta_{1-7(7)}^{(1)} = 0,558305$, $\mu_{1-7(7)}^{(1)} = 0,801076$, $v_7^{(1)} = 2,038357$ м/с, $Q_7^{(1)} = 130,540600 \cdot 10^{-6}$ м³/с. Экспериментальные данные: $v_{7(эксп)}^{(1)} = 2,013$ м/с, $Q_7^{(1)} = 128,91 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

Когда работают оба питателя, УБ запишется в виде (1), однако вместо коэффициента местного сопротивления поворота из сечения б–б в сечение 7–7 ζ_7 в формуле (2) будет коэффициент сопротивления (не местного!) на деление потока $\zeta_7^д$. Этот коэффициент находим по соотношению из справочника [5, с. 277]:

$$\zeta_7^д = \frac{1 + \varphi (v_d / v)^2}{(v_d / v)^2}, \quad (8)$$

где v – скорость жидкости до деления потока, м/с; v_d – скорость жидкости в одном из каналов после деления потока, м/с; φ – коэффициент. Коэффициент $\varphi = 0,3$ для стандартного сварного тройника (рис. 3, а), и $\varphi = 1,5$ для соединения чугунных труб в тройнике на резьбе (рис. 3, б) [5].

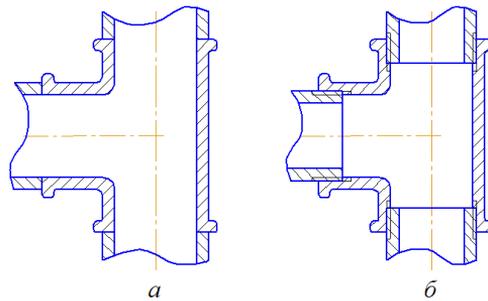


Рис. 3. Виды тройников: а – стандартный сварной тройник, $\varphi = 0,3$; б – соединение чугунных труб в тройнике на резьбе, $\varphi = 1,5$

Рассчитаем ЛС с тройником с двумя работающими питателями при $\varphi = 0,3$. Чтобы найти $\zeta_7^д$ (и равный ему $\zeta_8^д$), запишем очевидное равенство

$v_k S_k = 2v_7 S_7 = 2v_8 S_8$, из которого следует, что $\frac{v_7}{v_k} = \frac{S_k}{2S_7} = \frac{201,816620 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 64,042073 \cdot 10^{-6}} =$

$= 1,575657$ – это и есть отношение $\frac{v_{отд}}{v}$ в формуле (8). Тогда по формуле (8)

находим, что $\zeta_7^{\lambda} = \zeta_8^{\lambda} = 0,702788$. Уравнение неразрывности для случая работы обоих питателей будет выглядеть следующим образом:

$Q = v_{ст} S_{ст} = v_k S_k = 2v_7 S_7 = 2v_8 S_8$. Отсюда $v_{ст} = v_7 \frac{2S_7}{S_{ст}}$, $v_k = v_7 \frac{2S_7}{S_k}$. Подставив

эти отношения скоростей в выражение (2), получаем такую зависимость для потерь напора между сечениями 1-1 и 7-7, приведенных к скорости v_7 и учитывающих работу обоих питателей:

$$h_{1-7(7)}^{(2)} = \alpha \frac{v_7^2}{2g} \left[\left(\zeta_{ст} + \lambda \frac{l_{ст}}{d_{ст}} \right) \left(\frac{2S_7}{S_{ст}} \right)^2 + \left(\zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \left(\frac{2S_7}{S_k} \right)^2 + \zeta_7^{\lambda} + \lambda \frac{l_7}{d_7} \right].$$

Выражение в квадратных скобках – это коэффициент сопротивления системы от сечения 1-1 до сечения 7-7, приведенный к скорости v_7 и учитывающий работу обоих питателей:

$$\zeta_{1-7(7)}^{(2)} = \left(\zeta_{ст} + \lambda \frac{l_{ст}}{d_{ст}} \right) \left(\frac{2S_7}{S_{ст}} \right)^2 + \left(\zeta_k + \lambda \frac{l_k}{d_k} \right) \left(\frac{2S_7}{S_k} \right)^2 + \zeta_7^{\lambda} + \lambda \frac{l_7}{d_7}.$$

Коэффициент расхода ЛС от сечения 1-1 до сечения 7-7, приведенный к скорости жидкости v_7 и учитывающий работу обоих питателей,

$$\mu_{1-7(7)}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{1-7(7)}^{(2)}}}.$$

Скорость металла в сечении 7-7

$$v_7^{(2)} = \mu_{1-7(7)}^{(2)} \sqrt{\frac{2gH}{\alpha}}.$$

Расход в этом сечении

$$Q_7^{(2)} = v_7^{(2)} S_7.$$

Расход в системе

$$Q = 2Q_7^{(2)} = 2Q_8^{(2)} = 2v_7^{(2)} S_7 = 2v_8^{(2)} S_8.$$

Для опытной ЛС при работе обоих питателей получаем следующие результаты ($\varphi = 0,3$): $\zeta_{1-7(7)}^{(2)} = 1,231504$, $\mu_{1-7(7)}^{(2)} = 0,669424$, $v_7^{(2)} = 1,703365$ м/с, $Q_7^{(2)} = Q_8^{(2)} = 109,087021 \cdot 10^{-6}$ м³/с, $Q = 2Q_7^{(2)} = 2Q_8^{(2)} = 218,174042 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

Если $\varphi = 1,5$, то будут такие данные расчетов: $\zeta_7^{\pi} = \zeta_8^{\pi} = 1,902788$, $\zeta_{1-7(7)}^{(2)} = 2,431504$, $\mu_{1-7(7)}^{(2)} = 0,539831$, $v_7^{(2)} = 1,373613$ м/с, $Q_7^{(2)} = Q_8^{(2)} = 87,968994 \cdot 10^{-6}$ м³/с, $Q = 2Q_7^{(2)} = 2Q_8^{(2)} = 175,937998 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

А экспериментальные результаты таковы: $v_{7(\text{эксн})}^{(2)} = 1,335$ м/с, $Q_{7(\text{эксн})}^{(2)} = Q_{8(\text{эксн})}^{(2)} = 85,48 \cdot 10^{-6}$ м³/с, $Q_{\text{эксн}} = 2Q_{7(\text{эксн})}^{(2)} = 2Q_{8(\text{эксн})}^{(2)} = 170,99 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

Как видно, при работе одного питателя отношение $v_7^{(1)} / v_{7(\text{эксн})}^{(1)} = 1,013$ (прекрасное соответствие). При работе двух питателей отношение $v_7^{(2)} / v_{7(\text{эксн})}^{(2)} = 1,276$ для $\varphi = 0,3$ и $v_7^{(2)} / v_{7(\text{эксн})}^{(2)} = 1,029$ при $\varphi = 1,5$, т.е. $\varphi = 0,3$ дает завышенное на 27,6 % значение скорости v_7 , а $\varphi = 1,5$ – только на 2,9 %. Для изучения этого явления были изготовлены тройники с питателями диаметром 4,03, 5,03, 6,03, 7,03, 8,03, 9,03, 10,03 и 12,03 мм и коллектором диаметром 16,03 мм. Также исследовались тройники с коллекторами диаметром 12,03, 20,08 и 24,08 мм. Во всех случаях длина питателя $l_{\pi} = 5d_{\pi}$. Производили заливку ЛС водой, находили скорости и расходы, определяли отношение расчетной скорости к экспериментальной. Результаты расчетов представлены в табл. 1 и 2 и на рис. 4.

Получили неожиданный результат: с увеличением диаметра отверстия питателя коэффициент φ растет с 0,3 до 2,5. Важно отношение суммарной площади поперечных сечений питателей ΣS_{π} к площади коллектора S_{κ} : $S^* = \Sigma S_{\pi} / S_{\kappa}$. Коэффициент φ зависит от относительной площади питателей S^* . Хорошо видно происходящее на рис. 4. При малых значениях S^* экспериментальная кривая соприкасается с расчетной в случае $\varphi = 0,3$, затем они пересекаются ($S^* \approx 0,55$, $\varphi = 1,5$) и сходятся в одной точке при $S^* = 1,126$ и $\varphi = 2,5$. Математически это можно представить как $\varphi = 2,2S^*$.

Надо признаться, что это непонятно. Ведь суммарная площадь питателей меньше площади сечения коллектора, кроме двух случаев, когда $S^* = 1,126$. Но даже когда $S^* \approx 0,5$, расчетные значения скоростей значительно превосходят экспериментальные. По-видимому, это объясняется процессами в коллекторе при делении потока.

Таблица 1

Расчетные и экспериментальные значения скорости и расхода

d_k , мм	d_n , мм	S^*	$v_7^{(1)}$, м/с	$v_7^{(2)}$, м/с	$v_7^{(2)}$			$v_k^{(2)}$, м/с	$Q^{(1)} \cdot 10^6$, м ³ /с	$Q^{(2)} \cdot 10^6$, м ³ /с
					$v_7^{(2)} / v_{7(эксп)}^{(2)}$					
					$\varphi = 0,3$	$\varphi = 1,5$	$\varphi = 2,5$			
12,03	6,03	0,502	1,972	1,532	<u>1,792</u>	<u>1,419</u>	<u>1,239</u>	0,770	56,32	87,50
	9,03	1,127	1,783	1,036	<u>1,170</u>	<u>0,926</u>	<u>0,809</u>	1,167	114,19	132,70
					<u>1,285</u>	<u>1,124</u>	<u>1,027</u>			
					<u>1,240</u>	<u>1,085</u>	<u>0,991</u>			
16,03	4,03	0,126	2,075	2,044	<u>2,092</u>	<u>1,554</u>	<u>1,326</u>	0,258	26,47	52,14
	5,03	0,197	2,061	2,006	<u>1,023</u>	<u>0,760</u>	<u>0,649</u>	0,395	40,95	79,72
					<u>2,061</u>	<u>1,542</u>	<u>1,318</u>			
	6,03	0,283	2,098	1,977	<u>1,027</u>	<u>0,769</u>	<u>0,657</u>	0,560	59,91	112,92
	7,03	0,385	2,075	1,703	<u>2,009</u>	<u>1,519</u>	<u>1,304</u>	0,655	80,54	132,20
					<u>1,016</u>	<u>0,768</u>	<u>0,660</u>			
	8,03	0,502	2,056	1,567	<u>1,931</u>	<u>1,485</u>	<u>1,282</u>	0,786	104,12	158,72
					<u>1,134</u>	<u>0,872</u>	<u>0,753</u>			
9,03	0,635	2,013	1,335	<u>1,828</u>		<u>1,251</u>	0,844	128,92	170,99	
10,03	0,783	1,981	1,212	<u>1,167</u>	<u>1,436</u>	<u>0,798</u>	0,949	156,52	191,52	
				<u>1,703</u>	<u>0,916</u>	<u>1,209</u>				
12,03	1,126	1,789	1,014	<u>1,276</u>	<u>1,374</u>	<u>0,906</u>	1,142	203,34	230,51	
				<u>1,572</u>	<u>1,029</u>	<u>1,159</u>				
				<u>1,297</u>	<u>1,302</u>	<u>0,956</u>				
				<u>1,284</u>	<u>1,074</u>	<u>1,029</u>				
				<u>1,266</u>	<u>1,125</u>	<u>1,015</u>				
					<u>1,109</u>					
20,08	6,03	0,180	2,040	1,942	<u>2,016</u>	<u>1,522</u>	<u>1,306</u>	0,350	58,26	110,92
	9,03	0,404	2,058	1,744	<u>1,038</u>	<u>0,784</u>	<u>0,673</u>	0,705	131,80	223,38
					<u>1,896</u>	<u>1,469</u>	<u>1,272</u>			
10,03	0,499	2,016	1,478	<u>1,087</u>	<u>0,842</u>	<u>0,729</u>	0,738	159,29	233,56	
				<u>1,806</u>	<u>1,426</u>	<u>1,244</u>				
				<u>1,222</u>	<u>0,965</u>	<u>0,842</u>				
24,08	6,03	0,125	2,024	1,982	<u>2,034</u>	<u>1,530</u>	<u>1,311</u>	0,249	57,80	113,20
	9,03	0,281	2,081	1,908	<u>1,026</u>	<u>0,772</u>	<u>0,661</u>	0,537	133,27	244,38
					<u>1,976</u>	<u>1,505</u>	<u>1,296</u>			
12,03	0,499	1,991	1,568	<u>1,036</u>	<u>0,789</u>	<u>0,679</u>	0,783	226,30	356,45	
				<u>1,754</u>	<u>1,400</u>	<u>1,227</u>				
				<u>1,119</u>	<u>0,893</u>	<u>0,783</u>				

**Расчетные и экспериментальные значения
коэффициентов сопротивлений**

d_n , мм	ζ	ζ^a		
		$\varphi = 0,3$	$\varphi = 1,5$	$\varphi = 2,5$
4,03	0,321	0,316	1,516	2,516
5,03	0,349	0,339	1,539	2,539
6,03	0,282	0,380	1,580	2,580
7,03	0,296	0,448	1,648	1,648
8,03	0,299	0,552	1,752	2,752
9,03	0,302	0,703	1,903	2,903
10,03	0,321	0,913	2,113	3,113
12,03	0,531	1,569	2,769	3,769

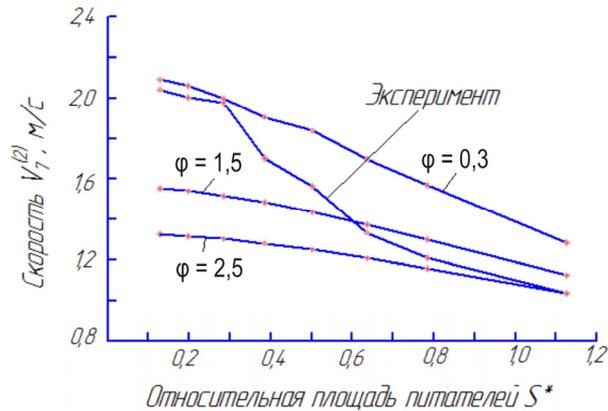


Рис. 4. Зависимость скорости жидкости от относительной площади питателей S^* и коэффициента φ

При диаметре питателей 4,03, 5,03 и 6,03 мм, $d_k = 16,03$ мм и $\varphi = 0,3$ расчетные данные выше опытных на 2–3 %. Затем, по мере увеличения диаметра питателя, это превышение достигает 29,7 %. Возможно, что, когда $S^* \leq 0,3$, деление потока на две части происходит при меньших потерях энергии, чем в случае $S^* > 0,3$. Когда питатели имеют диаметр 4,03, 5,03 и 6,03 мм ($d_k = 16,03$ мм), коллектор, по всей видимости, работает неполным сечением и к отверстиям питателя внутри потока жидкости в коллекторе подходят отдельные струйки. С увеличением диаметров питателей коллектор начинает работать полным сечением, кинетическая энергия потока в коллекторе растет пропорционально квадрату скорости потока, и на деление потока на две части требуется все возрастающее количество энергии.

Следует заметить, что в ЛС с тройниками выполняется следующее соотношение: $0,2 \geq S^* \leq 1$.

Далее будем говорить о коллекторе диаметром 16,03 мм: о нем больше опытных данных, а результаты на коллекторах диаметрами 12,03, 20,08 и 24,08 мм аналогичны. Как видно из табл. 1, при увеличении диаметра питателя с 4,03 до 12,03 мм в случае работы одного питателя расход в системе увеличился в 7,68 раза, с 26,47 до 203,34 см³/с, для двух питателей – в 4,42 раза, с 52,14 до 230,51 см³/с. Скорость жидкости в коллекторе при работе обоих питателей выросла с 0,258 до 1,142 м/с, в 4,43 раза, а кинетическая энергия потока в коллекторе – в 19,59 раза.

Если увеличить количество питателей диаметром 4,03 мм с одного до двух, то расход в системе возрастет в 1,97 раза; для питателей диаметром 12,03 мм – это увеличение в 1,13 раза, на 13 %, в 7,46 раза меньше.

В случае работы одного питателя диаметром 4,03 мм коэффициент местного сопротивления поворота из коллектора в питатель $\zeta_7 = 0,321$ (рассчитан по напору в пьезометре и скорости жидкости в питателе, см. [6]), а коэффициент сопротивления на деление потока по формуле (8) $\zeta_7^d = 0,316$, даже меньше ζ_7 . Это говорит о том, что ответвление потока из коллектора диаметром 16,03 мм в питатель диаметром 4,03 мм не зависит от того, работает один питатель или два. Хотя скорость в коллекторе при этом увеличивается почти в два раза, из-за ее малости это почти не сказывается на истечении воды из питателей.

Как видно из табл. 2, коэффициент местного сопротивления поворота ζ_7 увеличивается с приблизительно 0,3 до 0,531 (в 1,8 раза) при увеличении диаметра питателя с 4,03 до 12,03 мм. А коэффициент на деление потока для питателя диаметром 4,03 мм растет с 0,316 до 2,516 (в 8 раз), для питателя диаметром 12,03 мм – с 1,569 до 3,769, в 2,4 раза. Чем больше скорость жидкости в коллекторе, тем труднее поделить ее на две части и повернуть на 90° в две разные стороны, тем больше потери напора.

Интересно сравнить работу двух питателей диаметром 9,03 мм в ЛС с тройником (рис. 2) и в L-образной системе (рис. 5). У первой расход $Q = 170,99$ см³/с (см. табл. 1), у второй – $Q = 227,42$ см³/с [2], на 33 % больше. Было бы неудивительно, если бы разница составляла 3,3 %. Заметим, что литниковая чаша, стояк и коллектор – это одни и те же элементы для обеих ЛС. Получается, что на деление потока в тройнике требуется больше потерь энергии, чем на ответвление потока. А коэффициент ϕ для L-образной ЛС с ростом S^* уменьшается, а не растет, как в системе с тройником.

Надо сказать, что применяющиеся в ЛС тройники сильно отличаются от приведенных на рис. 3: у них нет радиусов скруглений, а потоки жидкости часто имеют разные диаметры.

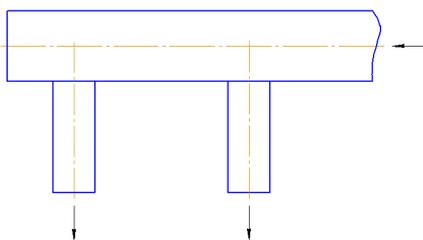


Рис. 5. Раздача потока в L-образной литниковой системе

Таким образом, в настоящей работе установлено, что гидравлическое сопротивление тройника зависит от отношения суммарной площади сечений питателей $\Sigma S_{\text{п}}$ к площади коллектора $S_{\text{к}}$, а коэффициент $\varphi = 2,2 \Sigma S_{\text{п}} / S_{\text{к}}$. Сопротивление на деление потока в тройнике оказалось значительно большим, чем на ответвление потока в питатель в L-образной ЛС.

Список литературы

1. Васенин В.И. Расчет расхода металла в литниковой системе // Литейное производство. – 2004. – № 12 (приложение). – С. 6–10.
2. Васенин В.И. Исследование L-образной литниковой системы // Литейное производство. – 2011. – № 8. – С. 32–35.
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. Васенин В.И. Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений литниковой системы // Литейное производство. – 2009. – № 1. – С. 22–25.

Получено 18.01.2012