

ГИДРАВЛИКА

Т. Е. КОЛЧАЯН, А. М. ГАСПАРЯН, Р. Е. АКОЦЯН, Н. С. ИКАРЯН

О КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЯХ, РАСХОДАХ И
 ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИЯХ И ПОТЕРЯХ НА
 ТРЕНИЕ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВЗВЕСЕНЕСИЦХ
 ПОТОКОВ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ТРУБАМ

В [1] было показано, что критическая скорость гидросмеси может быть определена по формуле

$$v_{кр} = \frac{v_0}{(1-\varepsilon)}, \quad (1)$$

где v_0 —скорость чистой воды в расходе гидросмеси, отнесенная к полному сечению трубопровода; ε —расходная концентрация твердой фазы. Поскольку v_0 в свою очередь является функцией диаметра трубопровода D и характеристики частиц твердой фазы, то для нахождения связи между этими величинами и v_0 и, попутно, для исследования потерь напора на трение были проведены экспериментальные работы, результаты которых приведены в настоящей статье.

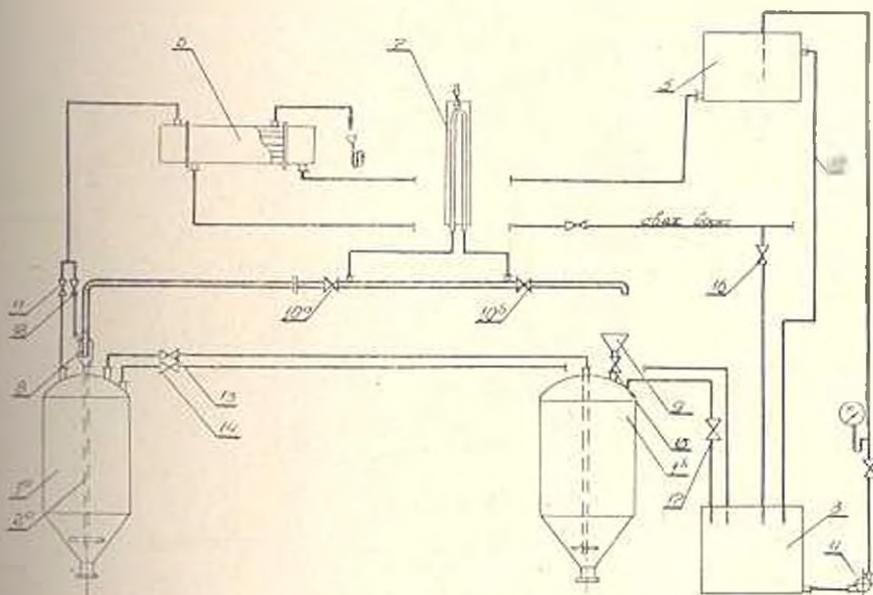


Рис. 1.

На установке (рис. 1), состоящей из двух монжусов, объемом по 150 л каждый, исследовались гидросмеси с кварцевым песком, маршалитом, глиноземом и хвостами Каджаранской горно-обогатительной фабрики. Средняя величина частиц менялась от 0,028 до 0,25 мм, объемная концентрация гидросмеси — от 5 до 35%, а скорость потока — от 0,1 до 3 м/сек. Испытывались трубопроводы диаметрами D — 7,15; 14; 24; 37 мм.

Подачей воды в монжус 1^а производилось выдавливание пасты по его центральной трубке. На выходе из монжуса, в специальном смесителе 8, подачей воды производилось разбавление пасты до желаемой концентрации. Полученная суспензия двигалась далее по трубе и попадала в монжус 1^б. В процессе эксперимента измерялись:

а) скорость гидросмеси v и ее объемная расходная концентрация ε (взятием пробы на выходе из трубопровода);

б) потери напора на трение и точках, отстоящих друг от друга на расстоянии 50 см (с помощью дифференциального манометра);

в) действительная объемная концентрация ε (одновременным закрытием имеющихся на трубе специальных пробковых кранов 10^а и 10^б, изготовленных так, что их проходное сечение точно совпадало бы с сечением трубы).

Содержащийся в отрезке трубы между кранами и в одном из кранов песок извлекался, высушивался, взвешивался и величина φ определялась как

$$\varphi = \frac{G_s}{\gamma_t V_{\text{тр}}} \quad (2)$$

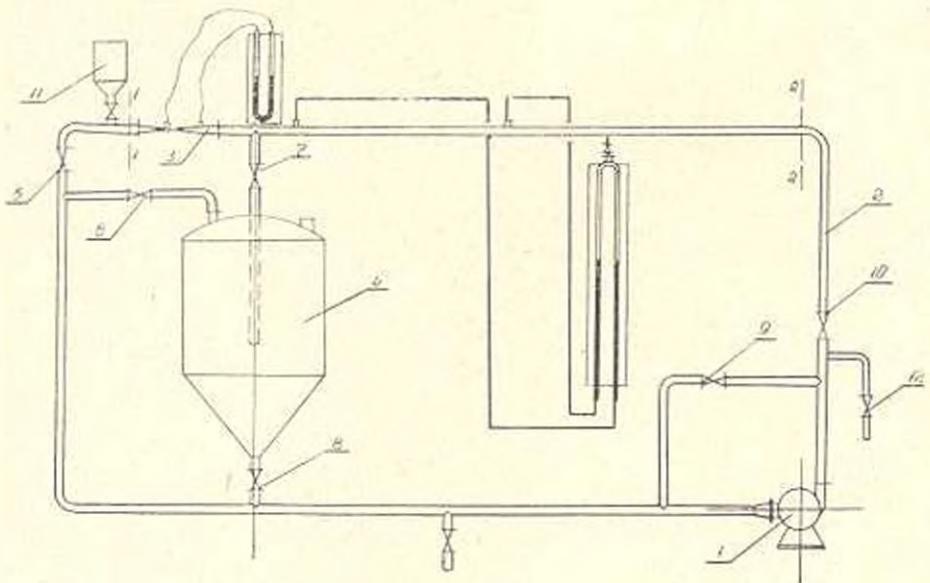


Рис. 2.

Трубопровод с $D_{\text{вн}} = 69$ мм испытывался на установке (рис. 2), представляющей собой замкнутое на центробежный насос 1 кольцо, по которому циркулировала пульпа. Скорость движения суспензии измерялась трубкой Вентури 3. Установка имела вставку из органического стекла, позволяющую следить за наличием осадка в трубопроводе. Действительная концентрация ε определялась объемом системы и количеством загруженного песка, расходная концентрация ε — взятием проб из пробоотборника во время работы установки. Скорость суспензии, проходящей через испытательный участок 1—2, регулировалась кранами 9 и 10.

Сначала производились эксперименты с суспензиями малых концентраций, затем концентрацию увеличивали добавлением необходимого количества песка через воронку 11. При работе на больших концентрациях (25—30% объемных) для исключения забивки труб и насоса при остановке системы, предусмотрена была промежуточная емкость 4. Перед остановкой системы, регулируя кранами 5, 6 и 7, часть суспензии циркулировала через емкость 4, в которой происходило осаждение твердых частиц и уменьшалась их концентрация в трубопроводе.

Результаты экспериментов, проведенных на установках по рис. 1, 2 обрабатывались в серии кривых $i = f(v)$ по методу, предложенному в [3]. Результаты обработки показали, что, начиная с некоторых значений v для каждой из постоянных концентраций, опытные точки хорошо сходятся с кривой для чистой воды (рис. 3). Рассмотрение серии кривых показывает, что независимо от размеров частиц и диаметров труб, кривые идентичны. Для каждой концентрации в трубопроводе существует определенная скорость, выше которой потери напора для чистой воды и суспензии равны. Это — критическая скорость $v_{\text{кр}}$ для данной концентрации в данном трубопроводе. $v_{\text{кр}}$ и соответствующие им i приведены в таблицах 1—4.

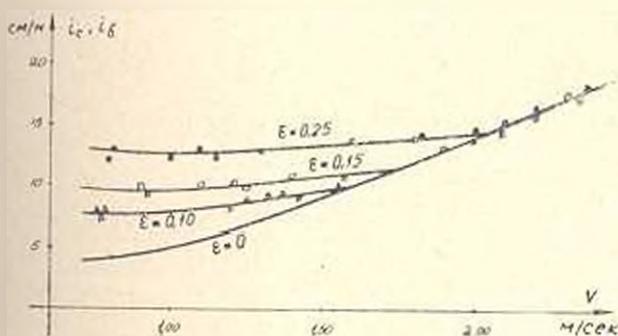


Рис. 3.

Математическая обработка данных экспериментов с помощью ЭВМ привела к следующему выражению

$$v_0 = 30,8 C_0 (D d)^{-0,3} \text{Re}_0^{-0,5} \quad (3)$$

Таблица 1

Кварцевый песок фракции—0,25+0,2 мм

Объемная конц. тв. фазы ε	$\rho_{\text{сусп}}$ в г/см ³	Т:Ж	$v_{\text{кр}}$ в м/сек при диаметрах труб D (мм)					$l_{\text{кр}}$ в см сусп. м при диаметрах труб D (мм)				
			7,15	14	24	37	69	7,15	14	24	37	69
0,05	1,082	1:7,15	0,96	1,30	—	1,82	2,10	21,5	15,0	—	8,1	6,0
0,10	1,161	1:3,40	1,01	1,35	1,67	1,95	2,22	26,5	16,0	10,4	9,5	6,5
0,15	1,216	1:2,12	—	1,45	1,77	2,05	2,37	—	18,0	11,6	10,5	7,3
0,20	1,326	1:1,51	1,15	1,55	—	—	—	28,0	20,2	—	—	—
0,25	1,410	1:1,13	—	1,70	2,02	—	—	—	23,5	14,6	—	—
0,30	1,492	1:0,88	1,25	1,80	—	2,33	2,85	33,5	25,7	—	13,3	10,0
0,35	1,574	1:0,705	—	1,90	—	—	—	—	28,8	—	—	0

Таблица 2

Маршалит $d_{\text{ср}}=0,028$ мм

	$\rho_{\text{сусп}}$ в г/см ³	Т:Ж	$D=3,53$ мм		$D=7,15$ мм	
			$v_{\text{кр}}$ в м/сек	$l_{\text{кр}}$ в см сусп. м	$v_{\text{кр}}$ в м/сек	$l_{\text{кр}}$ в см сусп. м
0,10	1,164	1:3,40	0,75	19	0,80	16,0
0,20	1,328	1:1,51	0,84	27	0,90	19,5
0,25	1,410	1:1,13	0,90	31	—	—
0,30	1,492	1:0,88	0,95	35	1,05	25,5

Таблица 3

Глинозем $d_{\text{ср}}=0,042$ мм

ε	$\rho_{\text{сусп}}$ в г/см ³	Т:Ж	$D=14$ мм		$\rho_{\text{сусп}}$ в г/см ³
			$v_{\text{кр}}$ в м/сек	$l_{\text{кр}}$ в см сусп. м	
0,05	1,125	1:5,42	1,20	13	3,5
0,10	1,125	1:2,57	1,30	15	
0,15	1,375	1:1,62	1,40	17	

Таблица 4

Хаосты Каджаранской обогатительной фабрики

ε	$\rho_{\text{сусп}}$	Т:Ж	$D=69$ мм					
			$v_{\text{кр}}$ в м/сек при $d_{\text{кр}}$ (мм)			$v_{\text{кр}}$ в см сусп. м при $d_{\text{кр}}$ (мм)		
			0,135	0,17	0,246	0,135	0,17	0,246
0,10	1,161	1:3,40	—	1,95	—	—	5,8	—
0,15	1,216	1:2,12	2,0	—	2,14	6,2	—	7,0
0,20	1,328	1:1,51	—	2,20	2,34	—	7,0	7,8

где C_0 —гидравлическая крупность частицы, $Re_0 = C_0 d / \nu$; ν —кинематическая вязкость воды.

Сопоставление значений φ_0 , полученных экспериментально и вычисленных по (3), произведено в табл. 5, и, как видно, оно удовлетворительное. Поэтому формула (3) может быть рекомендована для практических расчетов.

Таблица 5

D в м.м	d в м.м	$v_{кр}$ в м.сек	$v_{дв}$ в м.сек	Процент отклонения	Примечание
7.15	0.195	0.91	1.00	-10.50	Данные авторов
14.0	0.195	1.23	1.24	—	
24.0	0.195	1.50	1.44	-4.32	
37.0	0.195	1.74	1.65	-5.17	
69.0	0.195	2.00	1.99	-0.51	
69.0	0.170	1.75	1.70	-3.14	
69.0	0.246	1.85	1.83	-1.35	
100.0	0.400	1.98	1.99	-0.50	Данные Карасика и Асауленко [6]
202.0	0.280	2.53	2.55	-0.79	
614.0	0.280	3.29	3.52	-7.91	Данные Коберника и Войтенко [11]
800.0	0.280	3.74	4.05	-7.55	
306.0	0.420	2.90	2.78	-4.13	

В литературе [4—11] предложено несколько видов зависимости $\varphi = \varphi(z, v)$. Однако, при использовании той или иной зависимости наблюдается противоречие в результатах. Так, нами произведен расчет для конкретного случая при $\varepsilon = 0.122$, $D = 202$ м.м и $d_{cp} = 0.28$ м.м. При этом по данным [11] $v_{кр} = 2.91$ м.сек.

Результаты расчета при $\tau = v_{кр} = 0.5 + 3.0$ приведены на рис. 4. Там же приведены результаты наших измерений (кривая 6). Как видно из

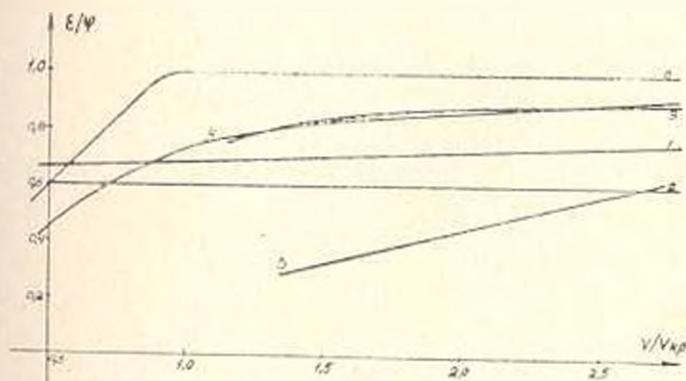


Рис. 4. Зависимость ε/φ от $v/v_{кр}$ по данным: 1—Роера [4]; 2—Карасика [5]; 3—Сидина [7]; 4—Карасика и Асауленко [6]; 5—Юфля [8]; 6—авторов.

рис. 4, результаты, полученные по формулам различных авторов, — противоречивые. Это указывает на необходимость дальнейшего изучения зависимости $\varepsilon = \varepsilon(\xi, v)$.

Наши эксперименты показали, что при малых скоростях величина действительной концентрации ε намного превышает величину ξ . С увеличением скорости ε уменьшается, приближаясь к ξ , и при скорости $v_{кр}$, когда все частицы переходят во взвешенное состояние, и потери напора для чистой жидкости и гидросмеси становятся равными, приравняются также значения ε и ξ .

На основании экспериментальных данных построена графическая зависимость ε/ξ от $v/v_{кр}$ (рис. 5). Величина $v_{кр}$ рассчитывалась по (1).

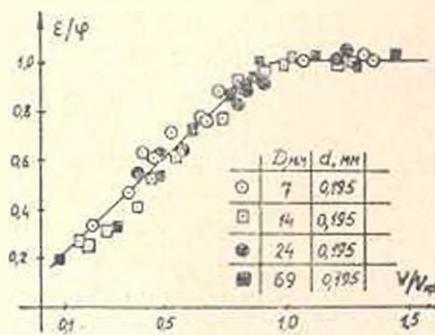


Рис. 5.

Значения $v_{кр}$ для кварцевого песка, маршалита и глинозема взяты из [1]. Как видно из рис. 5, в докритической области ($v/v_{кр} < 0,9$), независимо от D , между ε/ξ и $v/v_{кр}$ имеется линейная зависимость вида

$$\varepsilon/\xi = 0,113 + 0,97 v/v_{кр}. \quad (4)$$

При $v > v_{кр}$ ε/ξ становится равным единице. Область $0,9 < v/v_{кр} < 1$, видимо, переходная — происходит то выделение частиц в осадок, то размыв осадка.

Таким образом, практическое различие между расходной и действительной концентрациями имеет место лишь при скоростях $v < v_{кр}$, а при $v > v_{кр}$ $\varepsilon = \xi$. Из (4) можно найти то минимальное значение $v/v_{кр}$, при котором при данной концентрации ξ произойдет забивка трубопровода, т. е. действительная концентрация в трубе станет равной концентрации рыхлого осадка.

Обобщая результаты исследований по горизонтальному и вертикальному [2] потокам, можно сказать, что для безосадочного движения суспензии, независимо от направления движения, гидравлический уклон транспортируемой суспензии численно равен гидравлическому уклону при движении чистой воды. Следовательно, потери напора на трение потока суспензии (со скоростью $v > v_{кр}$) следует рассчитывать по формуле Дарси-Вейсбаха.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов, вопреки мнению многих авторов [8, 12, 13, 14 и др.] указывают на приемлемость предложенной Кнорозом [3] зависимости вида $i = i_{св} \gamma_0$ в широких пределах изменения объемной концентрации гидросмеси (от 5 до 35%) при скоростях $v > v_{кр}$.

Տ. Պ. ԿՈՒՉԱՅԱՆ, Ա. Բ. ԳՈՐԳՈՐԱՅԱՆ, Ռ. Կ. ՀՈՒՐՈՅԱՆ, Կ. Բ. ԿՈՒՉԱՅԱՆ

ԿՐԻՏԻԿԱԿԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ, ԵՐԱԿԱՆ ՈՒ ԵԼՔԱՅԻՆ
ԿՈՆՑԵՆՏՐԱՑԻԱՆԵՐԸ ԵՎ ՀԱՇՄԱՆ ԿՈՐՈՒՄՏՆԵՐԸ ՀԱՐԻՉՈՆԱԿԱՆ
ԽՈՂՈՒԼԱԿՆԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԶԵՐՈՒՆԱԿԱՆ ԶԵՐՈՒՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ս Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կատարված է նախնական |1| առաջարկված (1) կապակցությունների հետազոտում, նպատակ անհնարավոր գտնել զրոյի սրածանր բաժանման: Փորձերի հիման վրա առաջարկված է (2) կապակցություններ:

Փորձերը կատարված են սուսպենդիայի շարժման մասնակցի ε -ի և σ -ի միջև եղած կապը բացահայտելու նպատակով: Պարզվել է, որ ելքային և իրական կոնցենտրացիաներ միջև գործնականորեն տարբերություն կա միայն $\sigma < \varepsilon$ պայմանի առկայության դեպքում: Իսկ $\sigma > \varepsilon$ դեպքում $\varepsilon = \sigma$: Միջկրիտիկական ($\sigma/\varepsilon \leq 0,9$) տիրույթի համար առաջարկված է (3) էմպիրիկ կապը:

Հարիչոնական և սղղածից խողովակներում շիման կորուստների ուսումնասիրումը և ստացված արդյունքների համադրումը ցույց է արվել, որ եստիվածի բացահայտության դեպքում շիման կորուստները իմաստալիս համար էն նույն խողովակում նույն արագությամբ շարժվող մարտը չքի շիման կորուստներին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1 Гагларян А. М., Колчаев Т. Г., Икрян Н. С. ДАН Арм. ССР, т. XLVII, № 5, 1966.
- 2 Гагларян А. М., Колчаев Т. Г., Икрян Н. С. «Известия АН Арм. ССР (серия 1-11)», т. XXII, № 3, 1969.
- 3 Кнороз В. С. «Известия ВНИИГ им. Введенцева», 1941, т. 30.
- 4 Рокс Г. Н. «Гидротехническое строительство», № 8, 1948.
- 5 Карасик В. М. В кн. «Дослідження і розрахунки з гідраліки та гідротехніки». Вид-во АН УРСР, Київ, 1962.
- 6 Карасик В. М., Агацянц Н. А. Напорный гидротранспорт песчаных материалов. Киев, 1966.
- 7 Силин Н. А., Нищенко Н. А., Очеретко В. Ф. Гидротехника и гидромеханика. Киев, 1964.
- 8 Юфин А. П. Напорный гидротранспорт. Госэнергоиздат, 1950; «Известия АН СССР ОТН», № 8, 1949.
- 9 Климентов А. Н. «Гидротехническое строительство», № 11, 1953.
- 10 Дельвингев А. М. «Известия ВНИИГ им. Введенцева», № 36, № 38, 1948.
- 11 Коберник С. Г., Войтенко В. П. Напорный гидротранспорт хвостов горно-обогатительных комбинатов. Киев, 1967.
- 12 Мальцев М. В. Движение неоднородных жидкостей. вып. 15, 31. М., 1963.
- 13 Гартман С. И. Способ приближенного расчета напорного гидротранспорта несвязных грунтов. Госэнергоиздат, М., 1955.
- 14 Durant R., Condolios F. Экспериментальное исследование напорного гидротранспорта. S. H. F., июнь, 1952.