

$$\alpha(a_{11}-1) - \ln \frac{\Phi'(\alpha^{1/2})}{\Phi'[(\alpha a_0)^{1/2}]} = \frac{1}{2} \ln a_0 + \ln \left( \frac{S_0}{H_0} \cdot \frac{1}{1-m} - 1 \right) \quad (28)$$

Задаваясь в (28) различными значениями  $S_0/H_0$ ,  $m$  и  $a_0$ , построим зависимость  $\alpha = f(a_0, S_0/H_0, m)$ . По известным значениям  $S_0$ ,  $H_0$ ,  $m$ ,  $a_0$  находим величину  $\alpha$  и, следовательно, координату границы безнапорного движения:

$$R = 2\sqrt{\alpha a_0 t},$$

где  $\alpha$  определяется из (28).

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Веригин Н.Н., Васильев С.В., Саркисян В.С., Шержуков Б.Ш. Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород - М.: Недра, 1977 - 271 с.
- 2 Васильев С.В., Веригин Н.Н., Глейзер Б.А. Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1970. - 440 с.

ЕрАСИ

03.03.1998

Изв. НАН и ГНУ Армении (сер. ТН), т. III, № 1, 1999, с. 114-119.

УДК 66.096.57

ГИДРАВЛИКА

Р.М. МИРЗАХАНЫАН, А.А. ГЮЛЬЗАДЯН

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА АППАРАТОВ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ В НИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

\*Ինտերվալով է փոփոխական կորիզով: ուղղանկյուն ապարատները հարկումը եզրույթը՝ նրանցում «սլինդ սեանիկներ - ներուկ» երկփուլ համակարգերի շարժվող կոնսերտս թիրախով ուսարթը տեխնոլոգիական գործընթացներ իրականացնելու համար: Ապարատի կորիզովը արժանավոր է կոնսերտով սլինդ սեանիկների կոնսուսումը՝ մախարային կոնսերտսովը և ընտանի գործընթացների բոլոր ուղղանկյունությունը:

Представлена методика расчета вертикальных аппаратов переменного сечения для проведения в них различных технологических процессов, протекающих в движущемся потоке двухфазной системы "твердые частицы-жидкость". Профиль аппарата обеспечивает постоянную объемную концентрацию твердых частиц в потоке и высокую эффективность протекающих процессов.

Ил. 3 Табл. 1 Библиогр. 3 назв.

The method of vertical variable section apparatus calculation is presented. Criteria and the method for the stabilization system design providing requested dynamic features and suppression of network voltage ripples are proposed.

Fig. 3, Table 1. Ref. 3.

В различных отраслях промышленности широко распространены технологические процессы (растворение, экстракция, кристаллизация и др.) в вертикальном потоке двухфазной системы, состоящей из твердых частиц и жидкой среды. В [1, 2] показано, что для практического осуществления таких процессов наиболее эффективным является вертикальный аппарат переменного сечения, в котором двухфазная система (суспензия) движется снизу вверх с постоянной концентрацией частиц в гидросмеси.

Целью настоящей работы является разработка методики расчета аппаратов для проведения в них массообменных и химических процессов с учетом изменения характеристик твердых частиц и жидкости в течение процесса. При этом учитывается, что во время процесса из твердых частиц часть вещества переходит в раствор, и частицы, разрушаясь, образуют новую твердую фазу с иными характеристиками. Изменения параметров частиц и жидкости представляются в зависимости от времени протекания процессов.

В аппарат (рис. 1) снизу непрерывно поступает суспензия с определенной постоянной концентрацией твердой фазы. Массообменные и химические процессы протекают между фазами и поднимающейся суспензией. Обработанная суспензия удаляется из верхней части аппарата.

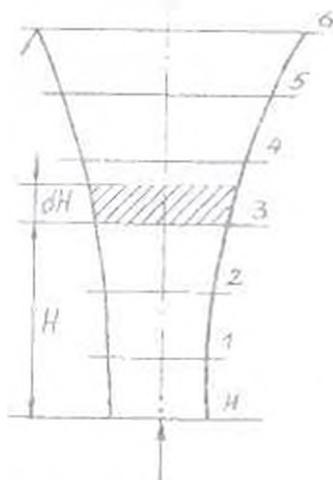


Рис. 1. Схема аппарата переменного сечения

Расчет аппарата сводится к определению его высоты и профиля с учетом известных исходных данных. Элементарная высота  $dH$  аппарата (рис. 1) определяется по уравнению

$$dH = (\dot{V} - C) / \dot{\tau}, \quad (1)$$

где  $\vartheta$  - скорость движения суспензии, м/с;  $C$  - скорость стесненного падения частиц, м/с;  $dt$  - время пребывания частиц в элементарном участке, с.

Скорость суспензии  $\vartheta$  определяется в виде

$$\vartheta = Q - W / F, \quad (2)$$

где  $Q$  и  $W$  - объемный расход жидкой и твердой фазы, м<sup>3</sup>/с;  $F$  - площадь поперечного сечения аппарата, м<sup>2</sup>.

Скорость стесненного падения частиц  $C$ , если принять их сферическими, определяется по уравнению [3]

$$C = KC_0(1 - \varphi)^n. \quad (3)$$

Здесь  $C_0$  - скорость свободного падения одиночной сферической частицы, м/с.

Скорость  $C_0$  имеет три области: ламинарную, переходную и турбулентную, определяемые критерием Рейнольдса

$$Re = C_0 D \rho / \mu, \quad (4)$$

где  $D$  - диаметр сферической частицы, м;  $\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  - вязкость жидкости, Па·с.

Скорость  $C_0$  определяется по формуле Тодеса

$$Re = Ar / 18 + 0,575 \sqrt{Ar}. \quad (5)$$

Критерий Архимеда  $Ar$  зависит от параметров частиц и жидкости

$$Ar = D^3 \rho g (\rho_T - \rho) / \mu^2, \quad (6)$$

где  $\rho_T$  - плотность твердых частиц, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Показатель степени  $n$  и коэффициент  $K$ , входящие в (3), определяются в виде [3]: для ламинарной области -  $Re < 0,5$ ,  $n = 4,72$ ; турбулентной -  $Re > 750$ ,  $n = 2,58$ ; переходной -  $0,5 < Re < 75$ ,  $n = 4,49 - 0,77 \lg Re$ ,  $75 < Re < 750$ ,  $n = 3,93 - 0,47 \times \lg Re$ . Для всех областей  $K = 0,5 - 0,1n$ .

Величина  $\varphi$ , входящая в уравнение (3), представляет собой объемную концентрацию твердой фазы в суспензии и определяется в виде [1, 2]

$$\varphi = \vartheta \varepsilon / (\vartheta - C), \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  - объемная концентрация твердой фазы в расходе суспензии:

$$\varepsilon = W / (W + Q). \quad (8)$$

Высота участка аппарата  $H$  от нижнего (начального) до данного сечения (рис.1) определяется интегрированием уравнения (1)

$$H = \int_0^t (\vartheta - C) dt \quad (9)$$

Правая часть этого уравнения легче всего интегрируется графически при известной зависимости скоростей  $\vartheta$  и  $C$  от времени  $t$ .

Следует отметить, что часть приведенных уравнений справедлива для моодисперсных сферических частиц. При

необходимости можно учитывать бесформенность и полидисперсность твердой фазы, однако это не может существенно повлиять на результаты расчетов.

В качестве примера приведем расчет аппарата переменного сечения для проведения в нем гипотетического технологического процесса при постоянной концентрации твердой фазы  $\varphi = 0,3$  и концентрации твердой фазы в расходе в начальном сечении аппарата  $\varepsilon_{II} = 0,1$ . При выборе этих величин должно соблюдаться условие  $\varepsilon_{II} < \varphi < 0,5$ . Остальные исходные данные, относящиеся к начальному сечению аппарата, следующие:  $D_{II} = 0,25$  мм,  $\rho_{rII} = 3000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\mu_{II} = 1 \cdot 10^{-3}$  Па·с,  $\rho_{II} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $Q_{II} = 0,01$  м<sup>3</sup>/с. Известны также время пребывания твердых частиц в аппарате  $\tau = 7200$  с и графические зависимости диаметра частиц  $D$ , плотности частиц  $\rho_r$ , вязкости  $\mu$  и плотности жидкости  $\rho$  от времени (рис. 2). Концентрация твердых частиц в расходе суспензии  $\varepsilon$  в данном сечении аппарата определяется по уравнению

$$\varepsilon = \varepsilon_{II} D^3 / D_{II}^3 \quad (10)$$

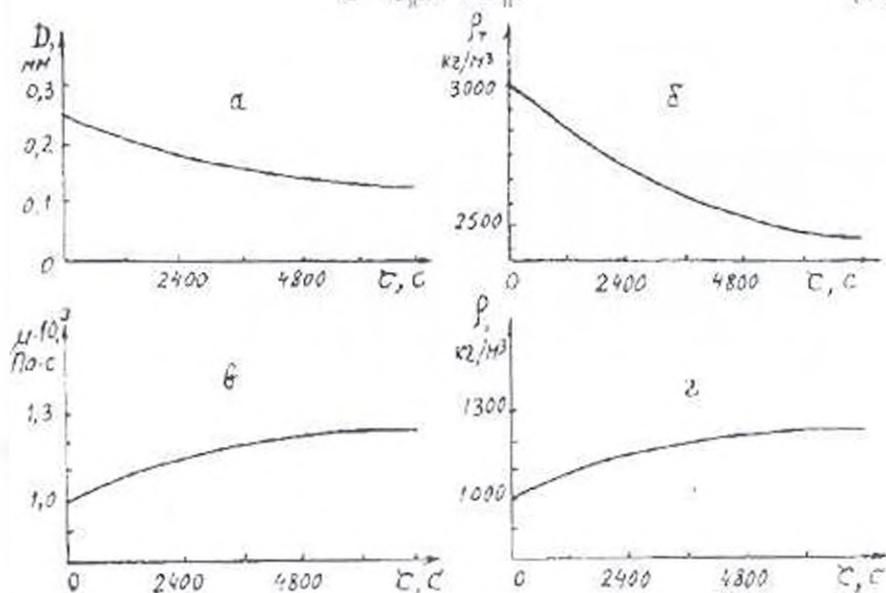


Рис. 2. Зависимости диаметра частиц  $D$  (а), плотности частиц  $\rho_r$  (б), вязкости жидкости  $\mu$  (в) и плотности жидкости  $\rho$  (г) от времени  $\tau$

Расчет аппарата производится по следующей последовательности:

1. Определяется расход твердой фазы в начальном сечении аппарата на основе (8):  $W_{II} = \varepsilon_{II} Q_{II} / (\varphi - \varepsilon_{II}) = 0,00111$  м<sup>3</sup>/с.

2. Определяется скорость стесненного падения частиц  $C_1$  в начальном сечении аппарата на основе (6), (5), (4) и (3):

$Ar_n = 306.25$ ;  $Re_n = 10.91$ ;  $C_{nn} = 0.04365 \text{ м/с}$ ;  $n = 3.6908$ ;  
 $K = 0.8691$ ;  $C_n = 0.01017 \text{ м/с}$ .

3. Определяется скорость суспензии  $\vartheta_n$  в начальном сечении аппарата на основе (7):  $\vartheta_n = 0.01526 \text{ м/с}$ .

4. Определяются начальное сечение аппарата  $F_n$  на основе (2) и начальный диаметр аппарата  $d_n$ :  $F_n = (Q_n + W_n) / \vartheta_n = 0.728 \text{ м}^2$ ,  
 $d_n = 0.963 \text{ м}$ .

5. Для графического интегрирования правой части уравнения (9) и определения профиля аппарата составляется таблица, в которой приводятся значения необходимых величин для различных сечений аппарата, разделенного на 6 участков (рис. 1). Промежутки времени прохождения частиц между сечениями принимаются одинаковыми и равными 1200 с. Параметры частиц и жидкости в различных сечениях аппарата определены по графикам рис. 2 и приведены в столбцах 2-5 таблицы.

Таблица

Результаты расчета аппарата

Сечение	$D_i$ мм	$\rho_f$ кг/м <sup>3</sup>	$\mu \cdot 10^3$ Па·с	$\rho_p$ кг/м <sup>3</sup>	$\tau$ с	$C \cdot 10^3$ м/с	$n \cdot 10^3$ м/с	$d_i$ м	$H_i$ м
Н	0,250	3000	1,00	1000	0	10,17	15,26	0,9630	0
1	0,210	2800	1,10	1100	1200	5,820	7,253	1,3969	3,120
2	0,180	2650	1,15	1150	2400	3,805	4,346	1,8046	4,290
3	0,160	2500	1,20	1200	3600	2,528	2,770	2,2604	4,734
4	0,145	2420	1,225	1225	4800	1,872	2,002	2,6588	4,956
5	0,136	2380	1,24	1240	6000	1,549	1,637	2,9403	5,086
6	0,130	2350	1,25	1250	7200	1,351	1,417	3,1600	5,178

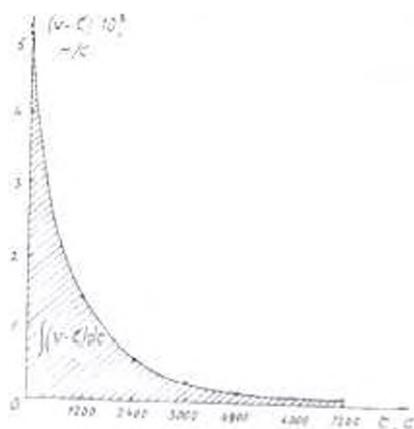


Рис. 3. Графическое определение интеграла  $\int_0^{\tau} (\vartheta - c) dt$

В строке Н таблицы приведены расчеты начального сечения аппарата по данным пунктов 1, 4. При расчетах принимается, что объемный расход суспензии  $(Q+W)$  по высоте аппарата не меняется.

Приводится графическое определение интеграла уравнения (9) (рис. 3). На графике показаны точки зависимости разности скоростей  $(\vartheta - c)$  от времени  $\tau$  для различных сечений аппарата. Площади ниже кривой зависимости  $(\vartheta - c)$  от  $\tau$  представляют собой значения

интеграла  $\int (v - c) dt$ , т.е. значения высот соответствующих участков

аппарата. В последнем столбце таблицы приведены значения высоты  $H$  от начального до данного сечения аппарата. В предпоследнем столбце таблицы приведены значения диаметров соответствующих сечений аппарата. Для рассчитанного примера общая высота аппарата составляет  $H=5,158$  м при изменении его диаметра от  $d_0=0,963$  м до  $d=3,16$  м. Приведенная методика может быть успешно применена при расчете и проектировании аппаратов для осуществления в них разнообразных реальных процессов, в частности, процесса обогащения железной руды.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаспарян А.М., Меликян Э.А. О некоторых процессах химической технологии в потоке суспензии // ДАН АрмССР - 1961. - Т. 33, №1 - С. 7-11.
2. Гаспарян А.М., Меликян Э.А. Некоторые вопросы гидродинамики при массообмене в двухфазном потоке // ЖПХ. - 1963. - Т. 36, №3. С. 594-604.
3. Гаспарян А.М., Замянян А.А. Стесненное падение частиц // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН. - 1959. - Т. 12, №4 - С. 23-25.

ГИУА

20.02.1998

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. 11, № 1, 1989, с. 110-123

УДК 626.823

ГИДРАВЛИКА

Э.П. АЦИЯНЦ

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ПОТЕРЕ ПРИВОДА НАСОСА

Առաջարկվում է նվազագույն ճնշման հաշվարկի անալիտիկ սեղանը որոնողությունը սխաղ խողովակաչափի սկզբում պոմպի տեսչություն ժամանակ: Փորձի տվյալները հասնատակել են առաջարկված բանաձևերով հաշվարկի տվյալների հետ:

Разработан аналитический метод расчета понижения давления в напорном трубопроводе насосной установки при потере привода насоса. Результаты расчета сопоставлены с соответствующими экспериментальными данными.

Ил. 2. Библиогр. 6 назв.