

TABLA 2. Resultados experimentales obtenidos con el hidrosulfuro de amonio en el tanque pequeño

No.	H (m)	t (s)				\bar{t} (s)	T ₁ (s)	Fs · 10 ⁻⁵ (m ³ /s)
		t ₁	t ₂	t ₃	t ₄			
1	0,285	0	0	0	0	0	0	-
2	0,275	23	18	21	17	19,7	562,8	0,093
3	0,265	50	43	52	42	46,7	729,7	0,089
4	0,255	80	64	67	81	73,0	692,1	0,085
5	0,245	110	90	115	98	103,2	755,0	0,083
6	0,235	135	126	120	123	126,0	556,0	0,079
7	0,225	159	143	148	162	153,0	627,9	0,075
8	0,215	196	182	179	191	186,7	748,8	0,073
9	0,205	214	225	230	219	222,0	751,0	0,069
10	0,195	243	256	265	245	252,0	600,0	0,066
11	0,185	289	278	270	281	279,5	528,8	0,063
12	0,175	315	320	306	305	311,5	581,8	0,059
13	0,165	353	392	349	355	349,7	558,6	0,056
14	0,155	383	396	370	391	385,0	569,3	0,051
15	0,145	412	428	495	417	425,5	613,6	0,048
16	0,135	458	474	470	465	466,7	580,2	0,045
17	0,125	516	500	524	510	512,5	602,6	0,041
18	0,115	576	573	566	550	566,2	646,9	0,039
19	0,105	608	614	632	613	616,7	561,1	0,035

$$T_2 = 625,9 \text{ s} \quad T = \frac{T_1(1) + \dots + T_1(18) + T_2(0 + \dots)}{36} = 625,0 \text{ s}$$

CONCLUSIONES

Los datos experimentales nos permiten establecer:

- $\rightarrow H_1 = H_2$ y $F_{ei} = 0$ $\frac{Fs_2}{Fs_1} = 56$
i = 1,2
- $\rightarrow H_1, H_2$ y $F_{ei} \neq 0$ $\frac{Fs_2}{Fs_1} \in (21; 148)$
i = 1,2
- $Fs_2 \in (70; 187) \text{ L/h}$ de licor amoniacal
- $\rightarrow H_1, H_2$ y $F_{ei} \neq 0$ $\frac{Fs_2}{Fs_1} \in (21; 148)$

Por tanto, el equipo puede trabajar como proporcionalizador entre licor amoniacal e hidrosulfuro de amonio.

El proporcionalizador debe trabajar a escala de planta piloto; porque $Fs_2 \text{ min} > 20 \text{ L/h}$, es un gasto mayor que el impuesto para el gasto máximo de 20 L/h.

REFERENCIAS

- VILLARES B. O. Y OTROS: Equipo proporcionalizador de dos gastos volumétricos. Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 1990.
- GARCIA R. M.: Método y dispositivo para la regulación del tiempo de residencia. Patente de Invención No. 20759. La Habana, 1980.
- GARCIA R. M.: Válvula para regular una característica creciente entre volumen y el flujo de un líquido. *Revista Minería y Geología*, No. 2, p. 223-225, 1983.

VARIACION PREFIJADA DE LA RESISTENCIA HIDRAULICA DE SALIDA EN RECIPIENTES CON DESCARDA LIBRE

THE ESTABLISHED VARIATION OF THE OUT PUT HYDRAULIC RESISTANCE IN FREE DISCHARGE RECIPIENT

Ing. Manuel García Renté;
Lic. Rubén O. Ramírez Stout,

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

RESUMEN: En el trabajo se establece que la descarga libre de un líquido específico por un recipiente, de cualquier forma y dimensión, posee una característica invariante de altura hidráulica contra gasto volumétrico de salida. Se da una expresión analítica para obtener la característica de este tipo que dota al recipiente de propiedades convenientes.

ABSTRACT: It is established in this work that the free discharge of a specific liquid through a recipient of any form and dimension possesses invariable characteristics of hydraulic height against volumetric out up discharge. There is a given analytic expression to obtain the characteristics of this type which possesses the convenient properties of the recipient.

INTRODUCCION

En este trabajo se desarrolla un método para obtener una variación prefijada de la resistencia hidráulica de salida en recipientes con descarga libre. Esto se alcanza en un recipiente de cualquier forma y dimensión del que sale un líquido a través de una columna de orificios, previamente calculada. El proceso hidráulico que transcurre en el recipiente queda dotado de propiedades convenientes para la regulación de algunas de sus magnitudes.

La característica de altura hidráulica H contra gasto volumétrico de salida Fs en un recipiente con descarga libre para un líquido y una columna de orificios prefijada es una invariante en cualquier tipo recipientes. Esto ocurre debido a que la salida de un líquido por un orificio depende de:

$$F_s = C_d S \sqrt{2g \Delta H}$$

donde:

- Fs - gasto volumétrico de salida
- Cd - coeficiente de descarga del orificio
- S - área del orificio
- g - aceleración de la gravedad
- ΔH - altura desde el centro del orificio a la superficie libre del líquido

Nótese que la ecuación (1) no depende de la forma ni del área de la sección transversal del recipiente.

La resistencia hidráulica de salida de un recipiente de acuerdo con [1] se define como:

$$R = \frac{dH}{dFs}$$

La característica predeterminada de H contra Fs puede obtenerse experimentalmente a través de la válvula hidráulica [2], como se indica en la Figura 1.

El método de cálculo de los parámetros de la válvula hidráulica aparece en el trabajo "Método y dispositivo para la regulación del tiempo de residencia".

Si con la válvula hidráulica descrita en el artículo "Válvula para regular una característica creciente entre el volumen y el flujo de un líquido" conectada a la salida de un recipiente para su descarga libre, regulamos la característica predeterminada:

$$V = T F_s$$

donde:

- V - volumen del líquido contenido en el recipiente
- Fs - gasto volumétrico de salida
- T - constante

Entonces el proceso hidráulico que transcurre en el recipiente queda dotado de las siguientes propiedades:

- a. Si el gasto volumétrico de entrada $F_e \geq 0$, entonces T (sumada o afectada por diferentes constantes) es la constante de tiempo de procesos dinámicos.
Si $F_e = F_s$ y se verifica la hipótesis de mezcla perfecta, entonces T es el valor medio del tiempo de residencia del líquido en el recipiente.

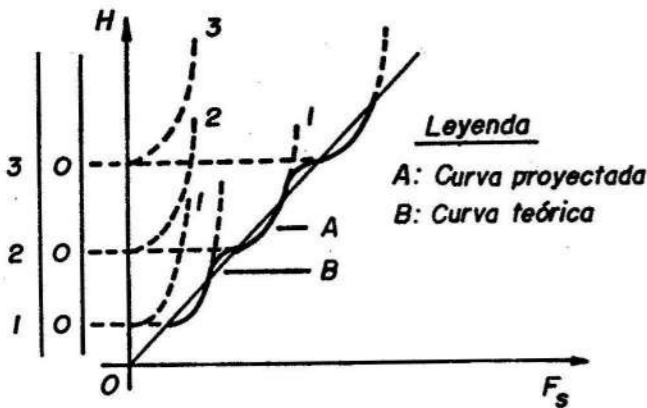


FIGURA 1. Característica prefijada de altura contra gasto.
A. Curva proyectada.
B. Curva teórica.

- b. Si $F_s = 0$ según se muestra [2] se verifica que:

$$\Delta t = T \ln \frac{V_0}{V_1}$$

donde:

- V_0 - volumen inicial del líquido en el recipiente
- V_1 - volumen final del líquido en el recipiente
- t - tiempo en que varía la superficie libre del líquido desde V hasta V en descarga libre.

De la ecuación (2) extraemos las siguientes conclusiones:

- Permite la verificación experimental de que T es constante para un líquido en un recipiente de cualquier forma y dimensión a partir de las mediciones de V_0 , V_1 y Δt .
- Si en la ecuación (2) sustituimos V_0 por $V_0 - V_s$, donde V_s es el volumen del líquido que ha salido del recipiente en Δt , obtenemos:

$$\Delta t = T \ln \frac{V_0}{V_0 - V_s}$$

La ecuación (3) permite determinar el tiempo Δt en que se descarga libremente un volumen conocido V_s .

De (3) es posible obtener:

$$V_s = V_0 \left[1 - e^{-\frac{\Delta t}{T}} \right] \quad (4)$$

Esta ecuación permite determinar el volumen de líquido V_s que ha salido del recipiente por descarga libre en t .

La ecuación (3) permite para un V_s dado determinar el valor de T para que Δt sea constante:

$$T = \frac{\text{Cte}}{\ln \frac{V_0}{V_0 - V_s}}$$

Esto permite fijar la columna de orificios correspondiente a la válvula hidráulica.

Si el área de la sección transversal de un recipiente es constante, entonces la ecuación (2) queda:

$$\Delta t = T \ln \frac{H_0}{H_1} \quad (5)$$

donde:

H_0 - altura inicial de la superficie libre del líquido

H_1 - altura final de la superficie libre del líquido

La ecuación (5) implica que todos los recipientes cuyas áreas de sección transversal sean constante, independientemente del tipo de líquido contenido y donde T , H_0 y H_1 sean las mismas, se descargan con igual velocidad v :

$$v = \frac{H_0 - H_1}{\Delta t} = \text{Cte}$$

Esta propiedad es importante en equipos proporcionalizadores de gastos volumétricos con descarga libre.

A continuación, nos proponemos obtener una expresión analítica entre H y F que garantice una característica lineal entre el volumen V del líquido contenido en el recipiente y su correspondiente gasto volumétrico de salida F_s , que pasa por el origen de coordenadas:

$$V = T F_s$$

de acuerdo con (1)

$$H = z = f_1(F_s) \quad (6)$$

donde f_1 es creciente y positiva

$$V = f_2(x, y, f_1(F_s)) \quad (7)$$

derivando respecto a F_s y operando, obtenemos:

$$H = \frac{T}{\frac{\partial f_2}{\partial H}}$$

A partir de la ecuación (8), podemos determinar para cualquier tipo de recipiente (forma y dimensión) la característica de H contra F_s donde T es constante. Esto permite dotar al proceso hidráulico de las propiedades antes enumeradas.

A continuación aplicaremos la ecuación (8) a dos recipientes:

- a. Cilindro circular apoyado sobre una de sus bases circulares.

$$H = \frac{T}{\pi r^2} F_s$$

donde:

r - es el radio de la circunferencia de la base

- b. Prisma de base trapezoidal regular apoyado en su cara lateral de menor área.

$$(H + a)^2 = b T F_s + a^2$$

Donde a y b son constantes que dependen de las dimensiones del recipiente.

CONCLUSIONES

El proceso de descarga libre de un líquido por la válvula hidráulica descrita [2], nos permite concluir:

- Que la característica de altura hidráulica H contra su gasto volumétrico de salida F_s no varía, independientemente de la forma y dimensión del recipiente.
- Que la regulación de un valor constante T del cociente entre el volumen del líquido en el recipiente y su gasto

volumétrico de salida data al proceso hidráulico de propiedades convenientes para la regulación de otras magnitudes.

- Que la ecuación (8) aplicada a un recipiente permite obtener la expresión entre H y F_s de forma que T sea constante.

REFERENCIAS

- GARCIA R., M.: Método y dispositivo para la regulación del tiempo de residencia. Patente de Invención. 20 759. La Habana, 1980.
- GARCIA R., M.: "Válvula para regular una característica creciente entre el volumen y el flujo de un líquido". *Revista Minería y Geología*, No. 2, p. 223-235, 1983.
- OGATA, K.: *Ingeniería de control moderna*. Edición Revolucionaria, La Habana, 1987.



CUBA METALES

EMPRESA CUBANA IMPORTADORA
DE METALES, COMBUSTIBLES
Y LUBRICANTES
CUBAN METALS, FUELS AND
LUBRICANTS IMPORTING
ENTERPRISE