

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ШИБЕРА НА ПЕРЕПАД ДАВЛЕНИЯ НА ЗАТВОРЕ ТРУБОПРОВОДА

И. В. Лона, А. И. Жукаев

Тульский государственный университет, г. Тула

Рассматриваются основы гидравлического расчета шиберного затвора трубопроводной арматуры. Получены формулы для определения перепада давления на арматуре. Показано, что перепад давления связан с законом изменения площади поперечного сечения затвора во времени. Полученные соотношения позволяют контролировать перепад давлений при закрытии затвора в заданных пределах.

Шиберный затвор – это тип параллельной задвижки. Его запирающий элемент имеет форму острого плоского диска, способного резать твердые включения в рабочую среду. Данный элемент двигается линейно - вниз и вверх в одной плоскости, перпендикулярно к потоку рабочей среды. Шиберный затвор нашел широкое применение в металлургической, бумажно-целлюлозной, химической, энергетической, пищевой и прочих видах промышленности. В основном он используется как запорная арматура, значительно реже как регулирующая для трубопроводов, которые транспортируют абразивные, гранулированные, порошкообразные и жидкие среды с твердыми частицами,

Шиберный затвор [1] (рис. 1) представляет собой корпус, с расположенными внутри двумя седлами – неподвижными элементами с отверстиями, которые предназначаются для прохода в них среды. Внутри корпуса между седлами располагается затвор, который выполнен в форме диска. Шпindel, приводясь в движение приводом или же маховиком, двигается вверх при открывании проход для рабочей среды, или вниз, для перекрытия прохода.

Запирающий элемент, заточенный по кромке, называется шиберным ножевым затвором, что дает возможность использовать устройство с целью перекрытия потока абразивных и сыпучих сред. Ножевой затвор производят из стали высокой прочности. При эксплуатации его отполировывают для того, чтобы предотвращать заклинивание.

Скорость движения запирающего элемента имеет большое значение. В работе [2] показано, что перепад давления ΔP , связан с законом изменения площади поперечного сечения затвора во времени

$$\Delta P = \delta \psi \xi_a Q^2 \int_0^T \frac{1}{S(t)^3} \frac{\partial S(t)}{\partial t} dt, \quad (1)$$

где δ – коэффициент, учитывающий сжимаемость среды; ψ – коэффициент, учитывающий влияние вязкости среды; ξ_a – коэффициент местного сопротивления затвора; $S(t)$ – функция изменения площади

поперечного сечения во времени; $V(t)$ – функция изменения скорости частиц во времени; Q – поток среды (объем среды, проходящий через поперечное сечение за единицу времени).

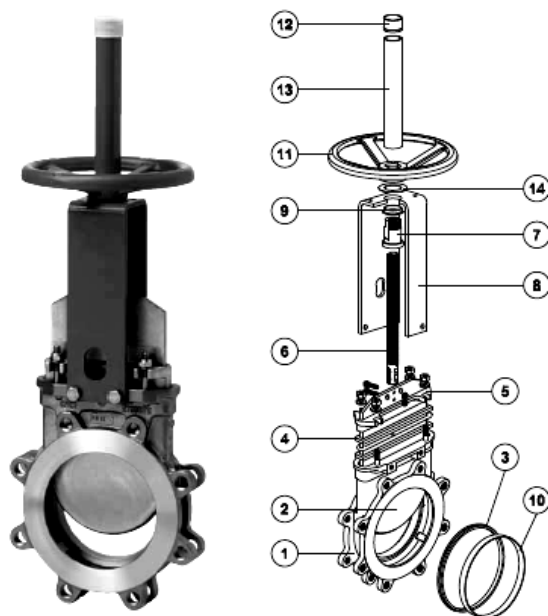


Рис. 1. Шиберный затвор: 1 – корпус, 2 – нож, 3 – седелка, 4 – уплотнительная резинка, 5 – крышка, 6 – шток, 7 – гайка, 8 – бугель, 9 – втулка, 10 – кольцо-фиксатор, 11 – штурвал, 12 – колпак, 13 – защита, 14 – прокладка

На рис. 2 приведены формы шиберы затвора. Для ножа с плоским торцом, рис. 2,а выражение для изменения площади поперечного сечения во времени при закрытии затвора имеет вид:

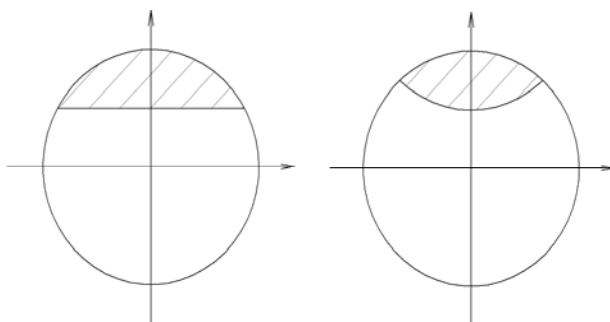


Рис. 2. Форма шиберы затвора: а – нож с плоским торцом, б – нож с закругленным торцом

$$S(t) = \pi r^2 - r^2 a \cos \left[\frac{(r-vt)}{r} \right] - (r-vt)r \sqrt{1 - \left(\frac{r-vt}{r} \right)^2}, \quad (2)$$

где r – радиус отверстия, м; v – скорость движения затвора, м/с; t – время движения затвора, с.

Подставляя (2) в (1), получаем перепад давлений (3).

Для затвора, представленного на рис. 2,б функция, описывающая изменение площади поперечного сечения во времени имеет вид (4).

Подставляя (4) в (1), получаем соответствующий перепад давлений (5).

На рис. 3 представлено изменение площади поперечного сечения при закрытии заслонки, а на рис. 4 зависимости перепада давления во времени при разных скоростях движения ножа при следующих исходных данных: $\delta\psi\xi Q^2 = const = 1$; $v_1 = 0,001$ м/с; $v_2 = 0,002$ м/с; $t = 0-1000$ с.

Из рис. 4, что при увеличении скорости движения заслонки в 2 раза время до полного закрытия сокращается вдвое, а перепад давления существенно возрастает.

На рис. 5 изображены зависимости перепада давления от изменения площади поперечного сечения отверстия во времени для затворов, представленных на рис. 2,а и 2,б при следующих исходных данных: $\delta\psi\xi Q^2 = const = 1$; $v_1 = v_2 = 0,001$ м/с; $t = 0-1000$ с.

$$\Delta P = \delta\psi\xi Q^2 \int_0^T \frac{\left(\frac{rv \sqrt{1 - \frac{(r-vt)^2}{r^2}} - \frac{rv}{\sqrt{1 - \frac{(r-vt)^2}{r^2}}} - \frac{v(r-vt)^2}{r \sqrt{1 - \frac{(r-vt)^2}{r^2}}}}{\left(\pi r^2 - r^2 a \cos \left[\frac{(r-vt)}{r} \right] - (r-vt)r \sqrt{1 - \left(\frac{r-vt}{r} \right)^2} \right)^3} dt \right)}{3}. \quad (3)$$

$$S(t) = \pi r^2 - 2 \left(r^2 a \cos \left[\frac{\left(r - \frac{vt}{2} \right)}{r} \right] - \left(r - \frac{vt}{2} \right) r \sqrt{1 - \left(\frac{r - \frac{vt}{2}}{r} \right)^2} \right) \quad (4)$$

$$\Delta P = \delta\psi\xi Q^2 \int_0^T \frac{\left(\frac{\frac{v \left(r - \frac{vt}{2} \right)^2}{r \sqrt{1 - \frac{\left(r - \frac{vt}{2} \right)^2}{r^2}}} - rv \sqrt{1 - \frac{\left(r - \frac{vt}{2} \right)^2}{r^2}} - \frac{rv}{\sqrt{1 - \frac{\left(r - \frac{vt}{2} \right)^2}{r^2}}}}{\left(\pi r^2 - 2 \left(r^2 a \cos \left[\frac{\left(r - \frac{vt}{2} \right)}{r} \right] - \left(r - \frac{vt}{2} \right) r \sqrt{1 - \left(\frac{r - \frac{vt}{2}}{r} \right)^2} \right) \right)^3} dt \right)}{3}. \quad (5)$$

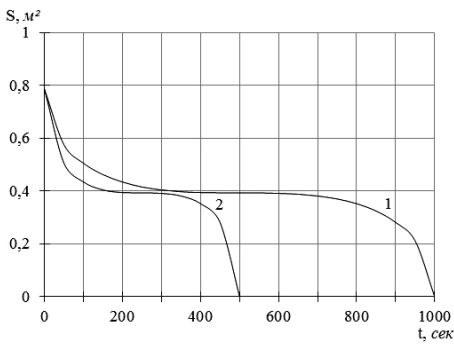


Рис. 3. Зависимость изменения площади поперечного сечения отверстия во времени: 1 – при $v_1 = 0,001$ м/с ;
2 – при $v_2 = 0,002$ м/с

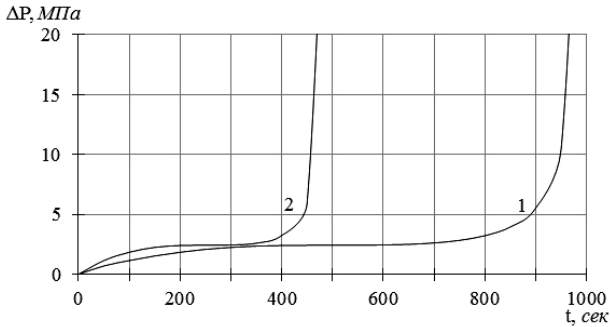


Рис. 4. Зависимость перепада давления от изменения площади поперечного сечения отверстия во времени: 1 – при $v_1 = 0,001$ м/с ; 2 – при $v_2 = 0,002$ м/с

Таким образом, можно сделать вывод, что на перепад давления влияет не только изменение скорости движения затвора, но и его форма.

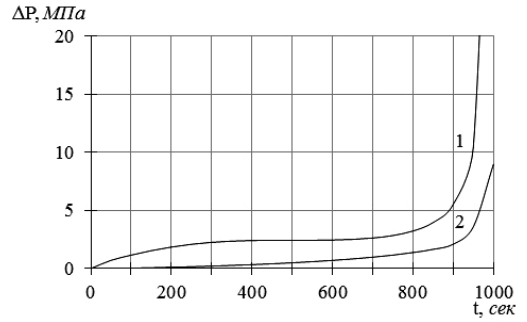


Рис. 5. Зависимость перепада давления от изменения площади поперечного сечения отверстия во времени: 1 – для затвора на рис. 2а; 2 – для затвора на рис. 2б

Литература

1. Патент РФ на полезную модель 144208 МПК F16K 3/02 Шибберная задвижка / А. И. Ефимова, И. В. Лопа, Е. В. Панченко, К. А. Туркин. Оpubл. 10.08.2014. Бюл. № 22.
2. Лопа И. В., Ефимова А. И., Жукаев А. И. Гидравлический расчет трубопроводной арматуры // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 11: в 2-х ч. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. Ч. 2. С. 3–8.