

УДК 621.646.1

DOI: 10.22213/2413-1172-2022-3-32-37

Расчетное определение коэффициента пропускной способности запорной арматуры

М. Н. Каракулов, доктор технических наук, профессор, Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

И. И. Холова, инженер-проектировщик ОАО «Торговый дом «Воткинский завод», Воткинский завод, Россия

А. Д. Холов, инженер-конструктор, АО «Воткинский завод», Воткинский завод, Россия

Современный уровень развития отрасли производства оборудования для газонефтедобывающей отрасли требует разработки инженерных методов расчета гидравлических характеристик выпускаемых изделий. В связи с усложнением конструкций распределительных и управляющих узлов сетей транспортировки нефти и газа гидравлические характеристики входящих в них управляющих элементов всё больше влияют на эксплуатационные показатели регулирования. В конструкциях распределительных и управляющих узлов применяется трубопроводная арматура, в частности клиновые задвижки и запорные клапаны. Одной из основных гидравлических характеристик этих изделий является пропускная способность, которая оценивается коэффициентом пропускной способности. Поэтому сейчас инженеру-проектировщику нужны простые, обладающие достаточной степенью точности методы определения теоретического значения коэффициента пропускной способности на этапах проектирования изделия.

Пропускная способность связана с гидравлическим сопротивлением проходной части трубопроводной арматуры, так как оно влияет на уровень снижения давления при перемещении жидкости от входного к выходному патрубку изделия. Существуют методы определения местных гидравлических сопротивлений, вызванных изменением геометрии проходной части, базирующиеся на формуле Вейсбаха и эмпирически определенных коэффициентах местного сопротивления.

Предлагаются инженерные методы определения коэффициента пропускной способности двух видов трубопроводной арматуры – клиновой задвижки и запорного клапана. Методы базируются на хорошо зарекомендовавшем себя подходе, выраженном в использовании связи пропускной способности с совокупностью местных гидравлических сопротивлений, возникающих на пути движения рабочей среды. При этом используются сведения о значениях величин местных гидравлических сопротивлений, полученных эмпирическим путем с возможностью их аппроксимации для получения промежуточных значений этих показателей. Учтены геометрические особенности проходных каналов рассматриваемых изделий. Проведено их сопоставление с существующей номенклатурой сведений о значениях коэффициентов местного гидравлического сопротивления. Предлагаемые методы позволяют сократить время на проведение расчетов с получением результата, точность которого достаточна для использования его в инженерных расчетах.

Получены выражения, позволяющие определить значения коэффициента пропускной способности клиновой задвижки и запорного клапана, учитывающие геометрические особенности и взаимное расположение проходных сечений трубопроводной арматуры, а также физические свойства рабочей среды.

Ключевые слова: коэффициент пропускной способности, запорный клапан, задвижка клиновая, коэффициенты местных сопротивлений.

Введение

Сегодня производители трубопроводной арматуры сталкиваются с проблемой, связанной с недостаточной точностью определения гидравлических характеристик изделий в процессе их проектирования [1]. Проблема является актуальной, так как современные узлы управления транспортировкой нефти и газа требуют при проектировании знания точных значений гидравлических характеристик управляющих элементов. В работе [2], посвященной разработке высокоскоростных запорных клапанов, признается, что точность опреде-

ления общего гидравлического сопротивления изделия и пропускной способности, которая от него зависит, влияет на точность прогнозирования возникновения внештатных ситуаций. Ряд исследователей предлагают использовать методы компьютерного моделирования движения потоков рабочей среды для расчетного определения гидравлического сопротивления: при динамической оценке состава транспортируемой среды [3], анализе скорости срабатывания клапанов пневматической системы [4], проведении гидравлических расчетов сетей со сложной топографией [5–8], анализе движения жидкостей

в ходе исследования геологических процессов [9–11]. Таким образом, развитие методов расчетного определения пропускной способности арматуры необходимо для повышения уровня прогнозируемости эксплуатации распределительных узлов при различных режимах их работы.

Цель исследования – разработка методов инженерного расчета коэффициента пропускной способности клиновой задвижки и запорного клапана.

Используемые подходы

В работах [12–14], в которых представлены методы численного моделирования движения жидкости для ряда прикладных задач в области малых перепадов давлений на входе и выходе, а также в работе [15], предлагающей решение этих задач с использованием результатов экспериментального исследования, чтобы определить потерю напора ΔP при заданном расходе среды либо предельно допустимый расход, при котором потеря напора не превышает заданной величины, сказано, что необходимо знать коэффициент гидравлического сопротивления ζ и номинальный диаметр арматуры DN . Эти параметры объединяются одной характеристикой – коэффициентом пропускной способности k_v , определяющим количество рабочей среды, проходящей через трубопроводную арматуру при перепаде давления на входе и выходе $\Delta P = 1$ бар.

Коэффициент пропускной способности k_v можно определить экспериментальным путем; однако существует необходимость сравнения экспериментальных данных с теоретическими значениями. Как показано авторами работ [16–19], для теоретического расчета могут использоваться специальные программные продукты, например, FlowVision, AnsysFluent и др., однако для рядового инженера эти программы являются достаточно сложными в применении, поэтому требуется продолжительный курс обучения.

Пропускная способность изделия может быть определена, если известен расход жидкости и физические свойства рабочей среды (в качестве примера можно использовать воду) [20]. Значение коэффициента k_v можно определить через объемный расход, используя выражение (ГОСТ 34437–2018)

$$k_v = Q \sqrt{\frac{\rho}{1000 \cdot \Delta P}}, \quad (1)$$

где Q – объемный расход жидкости, м³/ч; ρ – плотность жидкости, кг/м³; ΔP – перепад давления на входе и выходе из изделия, бар.

Принимаем условие, что расход жидкости для изделия известен. Для определения перепада давлений воспользуемся формулой

$$\Delta p = \frac{\zeta Q^2 \rho}{3600^2 \cdot 10^5 \cdot 2FN^2}, \quad (2)$$

где $\zeta = \sum_{i=1} \zeta_i$ – сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений на каждом участке проходного канала изделия; $FN = \frac{\pi DN^2}{4}$ – площадь проходного сечения канала, м²; DN – номинальный диаметр изделия, м.

Анализ местных гидравлических сопротивлений изделий

Коэффициенты местных гидравлических сопротивлений исследуем для двух изделий – клиновой задвижки (рис. 1) и запорного клапана (рис. 2).

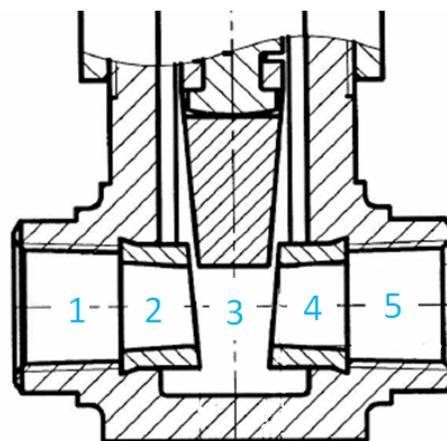


Рис. 1. Клиновая задвижка
Fig. 1. The gate valve

Проходной канал клиновой задвижки можно разделить на 5 участков. Участки 1 и 5 не рассматриваем, так как на них будет накручиваться соединительная муфта. Полагаем, что соединительная муфта накручивается вплотную к участку 2, поэтому начальное давление подается на этот участок.

Принимаем участок 2 как постепенное сужение (конфузор). Для него коэффициент местных сопротивлений будем рассчитывать по формуле

$$\zeta_{nc} = \frac{\lambda}{8 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \left(1 - \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \right)^2, \quad (3)$$

где F_1 – площадь входного отверстия на участке 2; F_2 – площадь выходного отверстия на участке 2;

α – угол конусности между стенками; λ – коэффициент гидравлического трения. Коэффициент гидравлического трения можно определить с помощью выражения

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \left(1 - \frac{d}{D} \right)^2 / 1 + \left(\frac{d}{D} \right)^2 + \frac{1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2}{\ln \left(\frac{d}{D} \right)}, \quad (4)$$

где D , d – размер отверстий на входе и выходе участка 2 соответственно; Re – число Рейнольдса.

Таблица 1. Кинематическая вязкость воды

Table 1. Kinematic viscosity of water

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $t, ^\circ\text{C}$ | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| $\nu \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$ | 1,789 | 1,006 | 0,659 | 0,478 | 0,365 | 0,295 | 0,252 | 0,217 |
| $t, ^\circ\text{C}$ | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| $\nu \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}$ | 0,191 | 0,173 | 0,158 | 0,148 | 0,141 | 0,135 | 0,131 | 0,128 |

Таблица 2. Коэффициенты местных сопротивлений участка 3

Table 2. Section 3 local resistance coefficients

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|---|
| a/D | 0 | 0,12 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| ζ_3 | ∞ | 97,8 | 35 | 10 | 4,6 | 2,06 | 0,98 | 0,44 | 0,17 | 0,06 | 0 |

a – расстояние от нижней части запорного органа до крайнего нижнего его положения;
 D – расстояние от крайнего верхнего до крайнего нижнего положения запорного органа.

Участок 4 воспринимаем как постепенное расширение (диффузор), тогда коэффициент местных сопротивлений для него определяется выражением

$$\zeta_{\text{пр}} = k \left(\frac{F_4}{F_3} - 1 \right)^2, \quad (6)$$

где F_3 – площадь входного отверстия; F_4 – площадь выходного отверстия; коэффициент k , учитывающий уменьшение потерь напора в диффузоре по сравнению с потерями напора при внезапном расширении, определяется по таблице 3.

Таблица 3. Значения коэффициента k

Table 3. Values of coefficient k

| | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| Угол конусности, град | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 |
| k | 0,13 | 0,16 | 0,27 | 0,43 | 0,81 |

На рисунке 2 представлен запорный клапан. Его проходной канал можно разделить на 6 участков. Так как соединительная муфта прикручивается не вплотную к участку 2, то полагаем,

Число Рейнольдса определяется выражением

$$\text{Re} = \frac{4Q}{3600\pi\nu DN}, \quad (5)$$

где ν – кинематическая вязкость среды, $\text{м}^2/\text{с}$.

Кинематическую вязкость среды в зависимости от температуры окружающей среды можно получить из таблицы 1.

На участке 3 расположен запорный орган задвижки. При полностью открытой задвижке коэффициент местных сопротивлений можно принять равным 0. При неполном открытии задвижки, коэффициент местных гидравлических сопротивлений выбирается из таблицы 2.

что давление подается с участка 1 на участок 2. Переход с участка 1 на участок 2 рассматриваем как косой вход в трубу. Формула для расчета коэффициента местного сопротивления для участка 2 имеет вид

$$\zeta_{\text{вх}} = 0,5 + 0,3 \cos\beta + 0,2 (\cos\beta)^2, \quad (7)$$

где β – угол между осями отверстий 1-го и 2-го участков (менее 90°).

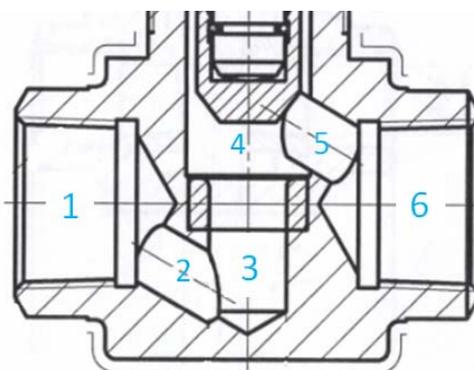


Рис. 2. Клапан запорный

Fig. 2. The shut-off valve

Переход с участка 2 на участок 3 воспринимаем как резкий поворот (колесо), местное гидравлическое сопротивление которого определяется коэффициентом ζ_k . Для трубопроводов круглого сечения, значения коэффициента местного сопротивления ζ_{k2} в зависимости от угла поворота α , измеряемого между осями отверстий 2-го и 3-го участков (менее 90°), представлены в таблице 4.

Переход с участка 3 на участок 4 рассматриваем как внезапное расширение трубы. Формула для расчета коэффициента местного сопротивления для этого участка выглядит следующим образом:

$$\zeta_{вп} = \left(1 - \frac{F_5}{F_6}\right)^2, \quad (8)$$

где F_5, F_6 – площади отверстий на участках 3 и 4 соответственно.

Переход с участка 4 на участок 5 рассматриваем как резкий поворот (колесо). Данные для выбора коэффициента ζ_{k5} представлены в таблице 4.

Таблица 4. Коэффициенты местных сопротивлений при резком повороте

Table 4. Coefficients of local resistance during a sharp turn

| α , град. | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|------------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| ζ_k | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,55 | 0,7 | 0,9 | 1,1 |

При переходе с участка 5 на участок 6 полагаем, что $\zeta_{вых} = 1$.

Определение коэффициентов пропускной способности изделий

Подставив (2)–(6) в (1) и выполнив необходимые математические преобразования, получаем формулу для расчета коэффициента пропускной способности для клиновой задвижки:

$$\zeta_v = \sqrt{\frac{162 \cdot 10^6 \pi^2 DN^4}{7200 \cdot \left(1 - \frac{d}{D}\right)^2 \left(1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2\right)^2 \pi v DN + \zeta_s + k \left(\frac{F_4}{F_3} - 1\right)^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) Q \left[1 + \left(\frac{d}{D}\right)^2 + \frac{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}{\ln \frac{d}{D}}\right]}} \quad (9)$$

Подставив (2), (4), (5), (7) и (8) в (1), получим формулу для расчета коэффициента пропускной способности для запорного клапана:

$$k_v = \sqrt{\frac{162 \cdot 10^6 \pi^2 DN^4}{1,5 + 0,3 \cos \beta + 0,2 (\cos \beta)^2 + \zeta_{k2} + \left(1 - \frac{F_5}{F_6}\right)^2 + \zeta_{k5}}} \quad (10)$$

Выводы

Разработан метод инженерного расчета коэффициента пропускной способности k_v запорной арматуры на примере клиновой задвижки и запорного клапана. В настоящее время проводится подготовка материальной части испытательного стенда для реализации сравнения результатов расчета с использованием предложенного метода с результатами экспериментальных исследований.

Библиографические ссылки

1. Гуревич Д. Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. Л. : Машиностроение, 1968. 888 с.
2. Wang H., Chen Z., Huang J., Quan L. and Zhao B. Development of high-speed On-Off valves and their applications. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2022, vol. 35. DOI: 10.1186/s10033-022-00720-5.
3. Bojkovic A., Vermeire F.H., Kuzmanović M., Dao Thi H. and Van Geem K.M. Analytics Driving Kinetics: Advanced Mass Spectrometric Characterization of Petroleum Products. *Energy and Fuels*, 2022, vol. 36, pp. 6-59.
4. Szpica D., Kisiel M. and Czaban J. Simulation Evaluation of the Influence of Selected Geometric Parameters on the Operation of the Pneumatic Braking System of a Trailer with a Differential Valve. *Acta Mechanica et Automatica*, 2022, vol. 16, pp. 233-241.
5. Zhang D., Gao L., Zhou S., Ma Y., Li B. Measurement of the mass-flow-rate characterization parameters of high-pressure pneumatic servo slide valves. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, no. 1.
6. Chicherin S., Zhuikov A., Junussova L. The new method for hydraulic calculations of a district heating (DH) network. *Energy*, 2022, vol. 260. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125071.
7. Klesse S., Wohlgemuth T., Meusburger K., Vitasse Y., von Arx G., Lévesque M., Frei E. R. Long-term soil water limitation and previous tree vigor drive local variability of drought-induced crown dieback in *fagus sylvatica*. *Science of the Total Environment*, 2022, vol. 851. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157926.
8. Li J., Liu Z., Liao S., Liu Q. Fully nonlinear interfacial periodic waves in a two-layer fluid with a rigid upper boundary and their loads on a cylindrical pile. *Ocean Engineering*, 2022, vol. 260. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2022.112014.
9. Luo P., Liu L., Wang S., Ren B., He B., Nover D. Influence assessment of new inner tube porous brick with absorbent concrete on urban floods control. *Case Studies in Construction Materials*, 2022, vol. 17. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01236.

10. Meng Y., Wang Q., Su W., Ye W., Chen Y. Effect of sample thickness on the self-sealing and hydration cracking of compacted bentonite. *Engineering Geology*, 2022, vol. 307. DOI: 10.1016/j.enggeo.2022.106792.
11. Tao S., He Q., Yang X., Luo J., Zhao X. Numerical study on the drag and flow characteristics of porous particles at intermediate reynolds numbers. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2022, vol. 202, pp. 273-294. DOI: 10.1016/j.matcom.2022.06.001.
12. Voinov N.A., Zemtsov D.A., Deryagina N.V., Bogatkova A.V., Zhukova O.P. A study of diabatic distillation in a column with a low pressure drop. *Chemical Engineering Research and Design*, 2022, vol. 185, pp. 1-13. DOI: 10.1016/j.cherd.2022.06.033.
13. Wang J., Long Y., Zhao Y., Liu X., Pan W., Qu J., Shi Y. Numerical simulation of foundation pit dewatering using horizontal seepage reducing body. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12. DOI: 10.1038/s41598-022-05348-y.
14. Barooah A., Khan M. S., Khaled M. S., Manikonda K., Rahman M. A., Hassan I., Hascakir B. Development of pressure gradient correlation for slurry flow using dimensional analysis. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2022, vol. 104. DOI: 10.1016/j.jngse.2022.104660.
15. Chang Y., Xu Q., Wu Q., Zhao X., Huang B., Wang Y., Guo L. Experimental study of the hydraulic jump phenomenon induced by the downstream riser structure in a pipeline-riser system. *Chemical Engineering Science*, 2022, vol. 256. DOI: 10.1016/j.ces.2022.117687.
16. Chen S., Sun B., Fang H., Li Z., Tong A. Analysis of the roughness coefficient of overflow in a drainage pipeline with sedimentation. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 2022, vol. 13. DOI: 10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000668.
17. Coelho F.M. and De Azevedo J.P. S. Design criteria for roughness values under real sewer system operating conditions. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 2022, vol. 13. DOI: 10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000654.
18. Kottapalli S., Hirschberg A., Anantharaman V., Smeulders D M.J., Waterson N., Nakiboglu G. Hydrodynamic and acoustic pressure fluctuations in water pipes due to an orifice: Comparison of measurements with large eddy simulations. *Journal of Sound and Vibration*, 2022, vol. 529. DOI: 10.1016/j.jsv.2022.116882.
19. Lei Q., Zhu X., Meng Y., Cui X. On the pressure-torsion response of a flexible pipe with section ovalization. *Applied Ocean Research*, 2022, vol. 127. DOI: 10.1016/j.apor.2022.103297.
20. Su Y., Li X., Li Z., Wu X. Theoretical analysis of the flow stability of HTGR supercritical steam generators using dimensionless numbers. *Nuclear Engineering and Design*, 2022, vol. 394. DOI: 10.1016/j.nucengdes.2022.111820.
21. fittings]. Leningrad, Mechanical engineering Publ., 1968, 888 p. (in Russ).
2. Wang H., Chen Z., Huang J., Quan L. and Zhao B. Development of high-speed On-Off valves and their applications. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 2022, vol. 35. DOI: 10.1186/s10033-022-00720-5.
3. Bojkovic A., Vermeire F.H., Kuzmanović M., Dao Thi H. and Van Geem K.M. Analytics Driving Kinetics: Advanced Mass Spectrometric Characterization of Petroleum Products. *Energy and Fuels*, 2022, vol. 36, pp. 6-59.
4. Szpica D., Kisiel M. and Czaban J. Simulation Evaluation of the Influence of Selected Geometric Parameters on the Operation of the Pneumatic Braking System of a Trailer with a Differential Valve. *Acta Mechanica et Automatica*, 2022, vol. 16, pp. 233-241.
5. Zhang D., Gao L., Zhou S., Ma Y., Li B. Measurement of the mass-flow-rate characterization parameters of high-pressure pneumatic servo slide valves. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, no. 1.
6. Chicherin S., Zhuikov A., Junussova L. The new method for hydraulic calculations of a district heating (DH) network. *Energy*, 2022, vol. 260. DOI: 10.1016/j.energy.2022.125071.
7. Klesse S., Wohlgemuth T., Meusburger K., Vitasse Y., von Arx G., Lévesque M., and Frei E. R. Long-term soil water limitation and previous tree vigor drive local variability of drought-induced crown dieback in *fagus sylvatica*. *Science of the Total Environment*, 2022, vol. 851. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157926.
8. Li J., Liu Z., Liao S., Liu Q. Fully nonlinear interfacial periodic waves in a two-layer fluid with a rigid upper boundary and their loads on a cylindrical pile. *Ocean Engineering*, 2022, vol. 260. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2022.112014.
9. Luo P., Liu L., Wang S., Ren B., He B., Nover D. Influence assessment of new inner tube porous brick with absorbent concrete on urban floods control. *Case Studies in Construction Materials*, 2022, vol 17. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01236.
10. Meng Y., Wang Q., Su W., Ye W., Chen Y. Effect of sample thickness on the self-sealing and hydration cracking of compacted bentonite. *Engineering Geology*, 2022, vol. 307. DOI: 10.1016/j.enggeo.2022.106792.
11. Tao S., He Q., Yang X., Luo J., Zhao X. Numerical study on the drag and flow characteristics of porous particles at intermediate reynolds numbers. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2022, vol. 202, pp. 273-294. DOI: 10.1016/j.matcom.2022.06.001.
12. Voinov N.A., Zemtsov D.A., Deryagina N.V., Bogatkova A.V., Zhukova O.P. A study of diabatic distillation in a column with a low pressure drop. *Chemical Engineering Research and Design*, 2022, vol. 185, pp. 1-13. DOI: 10.1016/j.cherd.2022.06.033.
13. Wang J., Long Y., Zhao Y., Liu X., Pan W., Qu J., Shi Y. Numerical simulation of foundation pit dewatering using horizontal seepage reducing body. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12. DOI: 10.1038/s41598-022-05348-y.
14. Barooah A., Khan M.S., Khaled M.S., Manikonda K., Rahman M.A., Hassan I., Hascakir B. Development of pressure gradient correlation for slurry flow using dimensional analysis. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2022, vol. 104. DOI: 10.1016/j.jngse.2022.104660.

References

1. Gurevich D.F. *Raschet i konstruirovaniye truboprovodnoy armatury* [Calculation and design of pipeline

opment of pressure gradient correlation for slurry flow using dimensional analysis. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2022, vol. 104. DOI: 10.1016/j.jngse.2022.104660.

15. Chang Y., Xu Q., Wu Q., Zhao X., Huang B., Wang Y., Guo L. Experimental study of the hydraulic jump phenomenon induced by the downstream riser structure in a pipeline-riser system. *Chemical Engineering Science*, 2022, vol. 256. DOI: 10.1016/j.ces.2022.117687.

16. Chen S., Sun B., Fang H., Li Z., Tong A. Analysis of the roughness coefficient of overflow in a drainage pipeline with sedimentation. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 2022, vol. 13. DOI: 10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000668.

17. Coelho F.M. and De Azevedo J.P.S. Design criteria for roughness values under real sewer system operating conditions. *Journal of Pipeline Systems Engineering*

and Practice, 2022, vol. 13. DOI: 10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000654.

18. Kottapalli S., Hirschberg A., Anantharaman V., Smeulders D M.J., Waterson N., Nakiboglu G. Hydrodynamic and acoustic pressure fluctuations in water pipes due to an orifice: Comparison of measurements with large eddy simulations. *Journal of Sound and Vibration*, 2022, vol. 529. DOI: 10.1016/j.jsv.2022.116882.

19. Lei Q., Zhu X., Meng Y., Cui X. On the pressure-torsion response of a flexible pipe with section ovalization. *Applied Ocean Research*, 2022, vol. 127. DOI: 10.1016/j.apor.2022.103297.

20. Su Y., Li X., Li Z., Wu X. Theoretical analysis of the flow stability of HTGR supercritical steam generators using dimensionless numbers. *Nuclear Engineering and Design*, 2022, vol. 394. DOI: 10.1016/j.nucengdes.2022.111820.

Analytical Assessment of Valve Throughput Coefficient

M.N. Karakulov, DSc in Engineering, Professor, Votkinsk branch of Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

I.I. Holova, Design-Engineer, Trading House Votkinsk Factory Ltd., Votkinsk, Russia

A.D. Holov, Design-Engineer, Votkinsk Factory Ltd., Votkinsk, Russia

The current level of industry development for the gas and oil production of equipment requires the development of engineering methods for calculating the hydraulic characteristics of manufactured products. Due to the complexity of the designs of distribution and control units for oil and gas transportation networks, the hydraulic characteristics of their control components increasingly affect the performance of regulation. In the construction of distribution and control units, pipeline fittings are used, in particular, wedge gate valves and shut-off valves. One of the main hydraulic characteristics of these products is the throughput, which is assessed by the throughput coefficient. Therefore, now the design engineer needs simple and accurate methods to determine the theoretical value of the throughput coefficient at the design stages of the product.

The throughput is related to the hydraulic resistance of the passage part of the pipeline fittings, because it affects the level of pressure reduction when fluid moves from the inlet to the outlet of the product. There are methods for determining local hydraulic resistance caused by a change in the geometry of the passageway, based on the Weisbach formula and empirically determined local resistance coefficients.

Engineering methods are proposed for determining the throughput coefficient of two types of pipeline fittings - a wedge valve and a shut-off valve. The methods are based on a well-established approach, expressed in the use of the connection of the throughput with a set of local hydraulic resistances that arise in the path of the working medium. The methods use information about the values of local hydraulic resistance values obtained empirically with the possibility of their approximation to obtain intermediate values of these indicators. The geometric features of the passage channels of the products under consideration are taken into account. They are compared with the existing nomenclature of information about the values of the coefficients of local hydraulic resistance. The proposed methods make it possible to reduce the time for carrying out calculations with obtaining a result whose accuracy is sufficient for use in engineering calculations.

Expressions are obtained that allow determining the values of the throughput coefficient of the wedge gate valve and the shut-off valve, taking into account the geometric features and the relative position of the flow sections of pipeline valves, as well as the physical properties of the working medium.

Keywords: throughput coefficient, shut-off valve, wedge gate valve, coefficients of local resistance.

Получено 19.08.2022

Образец цитирования

Каракулов М. Н., Холова И. И., Холов А. Д. Расчетное определение коэффициента пропускной способности запорной арматуры // Вестник ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова. 2022. Т. 25, № 3. С. 32–37. DOI: 10.22213/2413-1172-2022-3-32-37.

For Citation

Karakulov M.N., Holova I.I., Holov A.D. [Analytical Assessment of Valve Throughput Coefficient]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2022, vol. 25, no. 3, pp. 32-37 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2022-3-32-37.