

## REFERENCES

1. Dolgov S.V., Dolgikh A.Yu., Makeev A.A. Ispytaniya gorelochno-ustroystva infrakrasnogo izlucheniya besplamennogo gorenija. Teplofizicheskie osnovy energeticheskikh tekhnologiy. *Sbornik nauchnykh trudov III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Testing the burner of infrared radiation of flameless combustion. III All-Russian research and training conference). Saint Petersburg, Ekspres; Tomsk: TPU, 2012. pp. 150–154.
2. Abdrafikov E.Sh., Dolgov S.V. Sovershenstvovanie konstruktssii gorelochnogo ustroystva infrakrasnogo izlucheniya besplamennogo gorenija. *Sovremennye tekhnika i tekhnologii. Sbornik trudov XIX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh* (The improvement of the design of of flameless combustion. XIX International research and training conference of students, postgraduates and young scientists). Tomsk, TPU, 2013. 3, pp. 191–192.
3. Dolgov S.V., Zavorin A.S., Dolgikh A.Yu., Subbotin A.N. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013. 322, 4, pp. 39–42.
4. *Gorelochnoe ustroystvo infrakrasnogo izlucheniya* (The burner of infrared radiation). Patent RF, no. 2012141632/06(067033); 2013.
5. Talantov A.V. *Osnovy teorii gorenija* (Bases of internal combustion). Part 1. Kazan, KAI im. A.N. Tupoleva, 1975. 273 p.
6. Belyaev A.F., Bobolev V.K., Korotkov A.I., Sulimov A.A., Chuyko S.V. *Perekhod gorenija kondensirovannykh sistem vo vzryv* (The transfer of condensed system combustion into explosion). Moscow, Nauka, 1973. 292 p.
7. Zaydel A.N. *Oshibki izmereniy fizicheskikh velichin* (Errors in measurement of physical quantities). Leningrad, Nauka, 1974. 108 p.

УДК 532.54

## УНИВЕРСАЛЬНОЕ ДРОССЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

С.В. Долгов, Р.Н. Кулеш\*, В.Ю. Половников\*, С.Е. Шалыгин\*

МУП «Теплоснабжение», г. Нижневартовск

\*Томский политехнический университет

E-mail: polov@tpu.ru

Приведено описание конструкции новой регулируемой дроссельной шайбы, лабораторного стенда для исследования ее характеристик и результаты экспериментального определения коэффициентов гидравлического сопротивления рассматриваемой шайбы. Сделан обоснованный вывод о перспективности применения предложенного устройства для регулировки расхода жидкостей или газов в различных системах вследствие сравнительной простоты его конструкции и существенной дешевизны по сравнению с существующими аналогами. Отмечена необходимость проведения дальнейших экспериментальных исследований предлагаемой регулируемой дроссельной шайбы в широком диапазоне изменения геометрических характеристик и расходов рабочей среды с целью выявления границ возможного применения предлагаемого устройства в различных отраслях промышленности.

**Ключевые слова:**

Регулируемая дроссельная шайба, лабораторный стенд, гидравлические сопротивления, эксперимент, регулирование расхода.

**Введение**

Возросшие требования к надежности и другим технико-экономическим показателям регулирующей арматуры в различных отраслях промышленности обусловили необходимость постоянного поиска новых конструктивных решений, материалов и технологий изготовления, направленных на создание высоконадежной, долговечной, малошумной дроссельно-регулирующей арматуры, обладающей необходимыми динамическими характеристиками.

Практически все сферы промышленности сталкиваются с необходимостью перемещения жидкостей или газов по трубам и каналам. Протяженность и сложность сетей при этом могут быть различными. Для регулирования расхода рабочей среды используются разного рода устройства [1]. Одними из таких устройств являются регулируемые дроссельные шайбы, которые позволяют быстро и качественно провести наладку сети без герметизации всей системы.

В настоящее время существует большое количество разнообразных регулируемых дроссельных шайб [2–5]. Достоинства и недостатки типичных конструкций регулируемых дроссельных шайб состоят в следующем.

Известна регулируемая дроссельная шайба [2], содержащая привод и корпус, в котором установлен подвижный диск, снабженный сквозными отверстиями и фигурным пазом. Привод выполнен в виде штока, на котором эксцентрично его оси закреплен элемент в виде усеченной с двух сторон сферы, входящей в фигурный паз диска. Регулирование площади проходных отверстий производится путем вращения штока, при этом элемент, в виде усеченной с двух сторон сферы, поворачивает подвижный диск со сквозными отверстиями. При эксплуатации такой шайбы [2] возникает вероятность заклинивания подвижного диска с отверстиями в процессе регулирования. Это делает дроссельную шайбу [2] ненадежной в эксплуатации, а использование большого количества конструктив-

ных элементов свидетельствует о трудоемкости ее изготовления.

Другая регулируемая дроссельная шайба [3] содержит в корпусе пакет плоских дроссельных шайб с отверстиями и отличается тем, что с целью уменьшения длины пакета и количества стыков шайбы выполнены с конусной отбортовкой, обеспечивающей их самоуплотнение. Для регулирования расхода внутри корпуса устанавливается определенное количество плоских дроссельных шайб с отверстиями и зажимается гайкой. Дроссельная шайба [3] монтируется в систему трубопровода, что делает невозможным регулирование расхода среды в процессе эксплуатации без разгерметизации системы в месте ее установки.

Дроссельная шайба [4] представляет собой металлический диск – корпус, в центре которого выполнено сквозное проходное овальное отверстие с двумя диаметрально расположенными регулировочными болтами, выходящими на боковые поверхности корпуса через уплотняющие сальниковые болты, закрепленные на корпусе с помощью двух соединительных осей. При перемещении регулировочных болтов изменяется площадь сечения проходного отверстия, чем и достигается регулировка расхода. Регулируемая дроссельная шайба [4] снабжена специальными ключами для регулировки и поддержания герметичности резьбовых соединений регулировочных болтов. Устанавливается она между фланцами задвижки и трубопровода и имеет возможность ограничения перемещения штоков путем опломбирования. Для регулирования расхода необходимо наличие специальных ключей, что делает данную шайбу более сложной в эксплуатации. Регулировочные болты шайбы выполнены из цветного металла [4], что способствует их быстрому абразивному износу за счет содержания в регулируемой среде абразивных примесей в виде песка, ржавчины и других отложений. Шайба предназначена только для регулирования жидких сред [4], что делает ее менее универсальной.

#### Описание конструкции новой регулируемой дроссельной шайбы

С целью устранения вышеописанных недостатков и создания универсальной, надежной, простой в эксплуатации и изготовлении регулируемой дроссельной шайбы для оптимизации гидравлических и расходных характеристик транспортируемых сред трубопроводных систем разработана новая конструкция [5] рассматриваемой регулирующей арматуры.

Регулируемая дроссельная шайба [5] содержит корпус с проходными отверстиями, регулировочным болтом и сальниковым болтом. Регулировка расхода среды может осуществляться без разгерметизации трубопроводной системы.

Регулирование расхода жидких и/или газообразных сред осуществляется путем радиально поступательных перемещений регулировочным болтом. Регулирование среды посредством регулиро-

вочного болта и фиксация его с помощью сальникового болта осуществляется рожковым ключом, что делает шайбу простой в эксплуатации. За счет того, что конструкцией сальникового болта предусмотрена резьба на его наружной поверхности для соединения с корпусом и резьба на внутренней поверхности продольного отверстия для соединения сальникового болта и регулировочного болта, обеспечивается высокая герметичность резьбовых соединений, способных выдерживать давление до 15 кгс/см<sup>2</sup>, что характеризует надежность применения регулируемой дроссельной шайбы [5]. При регулировании расхода газовой среды (СН<sub>4</sub>) анализ среды на загазованность прибором СГГ-4М в пределах установленной шайбы подтвердил отсутствие содержания СН<sub>4</sub> в воздухе, что характеризует универсальность применения регулируемой дроссельной шайбы для различных сред [5]. Регулировочный болт шайбы выполнен из нержавеющей стали, что делает данный элемент более устойчивым к абразивному, коррозионному, эрозионному износу.

На рис. 1 представлена конструктивная схема новой регулируемой дроссельной шайбы.

Регулируемая дроссельная шайба [5] состоит из корпуса – 1 с проходными отверстиями – 2, поперек которых закреплен резьбовым соединением регулировочный болт – 3, служащий для изменения количества открытых отверстий – 2. Сальниковый болт – 4 с продольным резьбовым отверстием установлен в корпусе – 1 за счет внешнего резьбового соединения и служит для обеспечения герметичности резьбовых соединений за счет сальниковой набивки – 5 между корпусом – 1, регулировочным болтом – 3, а также для фиксации регулировочного болта – 3 на установленной позиции относительно проходных отверстий – 2.

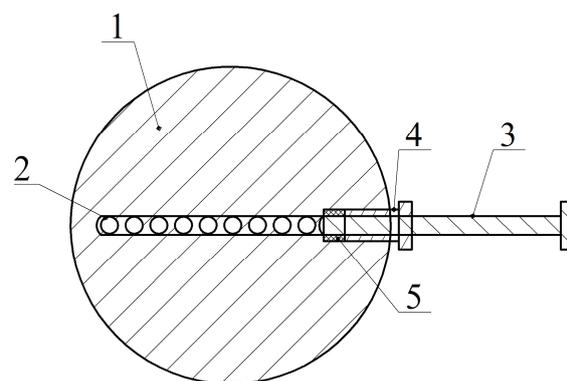


Рис. 1. Регулируемая дроссельная шайба: 1 – корпус, 2 – проходные отверстия, 3 – регулировочный болт, 4 – сальниковый болт, 5 – сальниковая набивка

Регулирование расхода жидких и/или газообразных сред осуществляется путем установки корпуса – 1 регулируемой дроссельной шайбы во фланцевое соединение систем трубопроводов. Расход среды изменяется путем изменения количества открытых проходных отверстий – 2 за счет осуществления радиально поступательных перемещений регулировочным болтом – 3. Сальниковый болт –

4 подтягивается в процессе регулировки по направлению часовой стрелки, совершая радиально поступательное перемещение относительно корпуса – 1, тем самым уплотняя сальниковую набивку – 5 и обеспечивая герметичность резьбовых соединений.

#### Методика эксперимента

Для исследования характеристик регулируемой дроссельной шайбы [5] разработан лабораторный стенд (рис. 2). Основными элементами стенда являются: пьезометры 1а–1е, две трубы – 2 с внутренним диаметром 50 мм и длиной 0,5 м, дроссельная шайба – 3, имеющая девять проходных круглых отверстий диаметром 5 мм, расходомер – 6 и циркуляционный насос – 7.

Эксперименты по определению коэффициентов гидравлического сопротивления шайбы проводились в следующем порядке. Перед началом эксперимента лабораторный стенд заполнялся водопроводной водой. Затем включался в работу насос – 7. Измерение разности давлений производилось с помощью пьезометров 1а и 1б. Пьезометры 1в–1е использовались для контроля постоянства давления по длине трубы – 2.

Опыты по определению коэффициентов гидравлического сопротивления повторялись 5 раз в идентичных условиях с целью исключения случайной погрешности. Расход жидкости измерялся крыльчатым водомером, имеющим относительную погрешность  $\pm 2\%$ . Измерение разности высот столбов жидкости в пьезометрических трубках 1а и 1б производилось с систематической погрешностью 2...3 %, оцениваемой по методике [6].

Коэффициент гидравлического сопротивления  $\xi$  рассчитывался по формуле [7]:

$$\xi = \frac{g\Delta h}{V^2/2},$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\Delta h$  – разность высот столбов жидкости, м;  $V$  – скорость движения жидкости, м/с;

#### Результаты исследования

Основные результаты экспериментальных исследований гидравлического сопротивления шайбы приведены на рис. 3, где показано изменение значений коэффициентов гидравлического сопротивления шайбы  $\xi$  в зависимости от скорости движения жидкости в трубе  $V$  и количества открытых отверстий, а также доверительные интервалы для каждого из проведенных опытов.

Анализ результатов исследований позволяет сделать закономерный вывод о том, что с увеличением количества открытых отверстий, а следовательно, и с увеличением суммарной площади проходного сечения, коэффициент гидравлического сопротивления снижается. Так, для отверстий 1–9 диапазон изменения коэффициента гидравлического сопротивления  $\xi$  составляет от 21138 до 670 (доверительный интервал  $\pm(8...10\%)$ ).

Принимая во внимание сравнительную простоту и дешевизну предложенного устройства, можно сделать вывод о перспективности его применения для регулировки расхода жидкостей или газов в различных системах.

Также следует отметить, что необходимо проведение дальнейших экспериментальных исследований предлагаемой регулируемой дроссельной шайбы в широком диапазоне изменения геометрических характеристик и расходов рабочей среды с целью выявления границ возможного применения предлагаемого устройства в различных отраслях промышленности.

В заключении следует отметить, что в настоящее время проводятся испытания шайбы на производстве в МУП «Теплоснабжение» г. Нижневартовска. Предварительные результаты этих испытаний подтверждают вышеописанные положения и свидетельствуют о целесообразности применения шайбы в системах теплоснабжения.

#### Выводы

Разработан стенд по изучению коэффициентов гидравлического сопротивления регулируемой

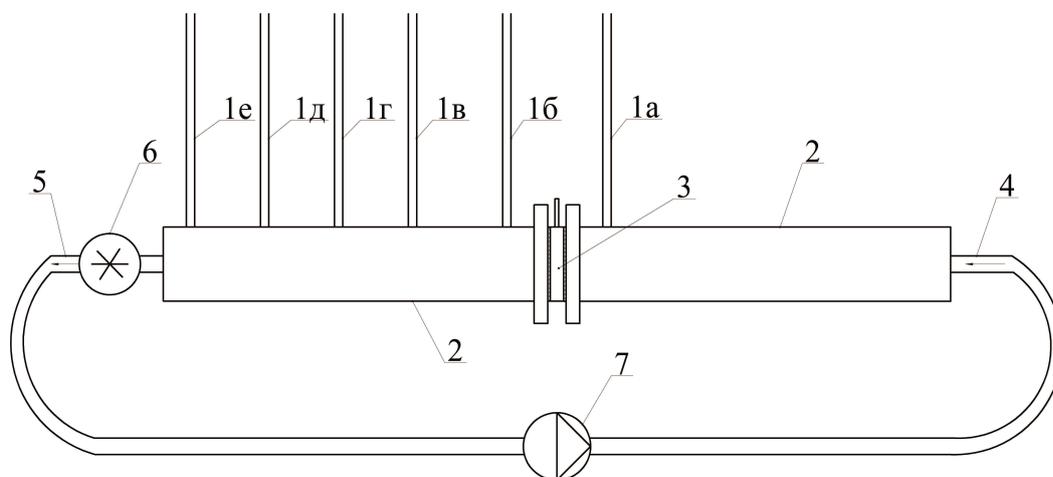


Рис. 2. Схема лабораторного стенда: 1а–1е – пьезометр, 2 – труба, 3 – регулируемая дроссельная шайба, 4 – входной патрубок, 5 – выходной патрубок, 6 – расходомер, 7 – циркуляционный насос

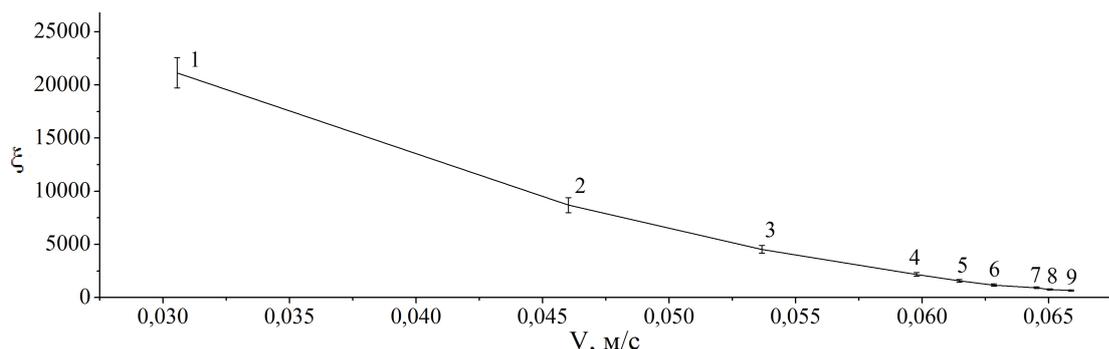


Рис. 3. Результаты исследования коэффициента гидравлического сопротивления (цифрами обозначено количество открытых отверстий)

дроссельной шайбы, который может быть использован для определения характеристик различных дроссельных устройств.

Экспериментально установлены численные значения коэффициентов гидравлического сопротивления регулируемой дроссельной шайбы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж, А.И. Манюк. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
2. Дроссельная шайба: А.с. 779700 СССР; заявл. 13.12.1978; опубл. 15.11.1980, Бюл. № 42. – 2 с.
3. Дроссельная шайба: А.с. 429237 СССР; заявл. 17.07.72; опубл. 25.05.74, Бюл. № 19. – 2 с.
4. Интернет-сервис «Гидравлический расчет тепловой сети». URL: <http://www.tesey.listkom.ru> / (дата обращения: 10.06.2013).
5. Регулируемая дроссельная шайба: пат. 127140. Рос. Федерация № 2012147980/12. Заявл. 12.11.12. Опубл. 20.04.13, Бюл. № 11. – 2 с.
6. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоиздат, 1991. – 304 с.
7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1975. – 559 с.

Поступила 29.08.2013 г.

UDC 532.54

### UNIVERSAL THROTTLING DEVICE

S.V. Dolgov, R.N. Kulesh\*, V.Yu. Polovnikov\*, S.E. Shalygin\*

Teplosnabzhenie, Nizhnevartovsk  
\*Tomsk Polytechnic University, Tomsk

The paper introduces the description of a new regulated throttle orifice design, the laboratory bench to study its characteristics and the results of experimental determination of the orifice hydraulic resistance coefficients. The authors have made the valid conclusion on the prospects of applying the device to adjust liquid or gas flow in different systems due to the comparative simplicity of its design and essential cheapness compared with the existing analogues. The need of future experiments on the regulated throttle orifice in a wide range of geometric characteristics and fluid flow to identify the boundaries of possible application of the device in a variety of industries was noted.

#### Key words:

Regulated throttle orifice, laboratory bench, hydraulic resistance, experiment, flow rate control.

#### REFERENCES

1. Manyuk V.I., Kaplinskiy Ya.I., Hizh E.B., Manyuk A.I. *Naladka i ekspluatatsiya vodyanykh teplovykh setey* (Adjustment and duty of water thermal networks). Moscow, Stroyizdat, 1988. 432 p.
2. *Drossel'naya shayba* (Throttle orifice). Certificate of authorship USSR, no 2697255, 1980.
3. *Drosselnaya shayba* (Throttle orifice). Certificate of authorship USSR, no 1809873/25–8, 1974.
4. *Gidravlicheskiy raschet teplovoi seti* (Hydraulic calculation of thermal network). Available at: <http://www.tesey.listkom.ru> (accessed 10.06.2013).
5. *Reguliruemaya drosselnaya shayba* (Regulated throttle orifice). Patent RF, no. 2012147980/12, 2013.
6. Novitskiy P.V., Zograf I.A. *Otsenka pogreshnostey rezultatov izmereniy* (Evaluation of measurement results errors). Leningrad, Energoizdat, 1991. 304 p.
7. Idelchik I.E. *Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam* (Directory of hydraulic resistance). Moscow, Mashinostroenie, 1975. 559 p.