

## Разработка вихревого регулятора

© А.Ю. Усс, А.А. Стародубцев, А.В. Чернышев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*Раскрыта актуальность и области применения вихревых регуляторов. Рассмотрено состояние вопроса на сегодняшний день по использованию и разработке вихревых регуляторов, приведена схема вихревого регулятора. По результатам анализа опубликованных данных и предварительного численного расчета течения газа в рабочей полости вихревого регулятора определены его геометрические параметры, разработана трехмерная модель. С применением аддитивных технологий изготовлен опытный образец вихревого регулятора и для проведения его испытаний подготовлен экспериментальный стенд.*

**Ключевые слова:** вихревой регулятор, управляющая струя, запираание регулятора.

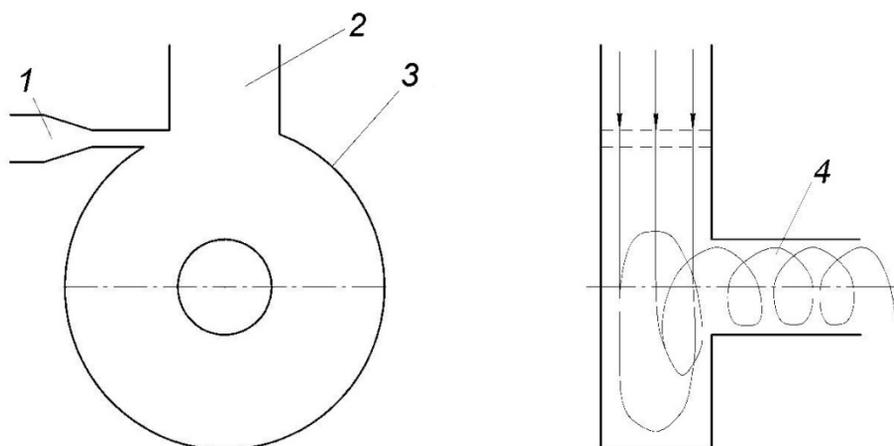
Регуляторы параметров газа — устройства, поддерживающие с заданной точностью давление и расход рабочего тела на постоянном уровне либо изменяющие эти параметры по заданной программе.

Решение проблем взаимодействия потоков регулирования параметров рабочей среды с использованием вихревых регуляторов, которые имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с другими устройствами, в настоящее время является актуальным. Параметры агрессивных сред необходимо регулировать при проведении различных технологических процессов в пневмогидравлических системах, применяемых в космической, авиационной, нефтегазовой, химической и других областях промышленности, где газ может находиться при высокой температуре и иметь различные загрязняющие включения, такие как пары металлов или химически активные частицы.

На практике применяют мембранные регуляторы. Одним из наиболее простых и надежных является регулятор, принцип действия которого основан на использовании вихревого течения газа. Схема, поясняющая принцип действия вихревого регулятора, показана на рис. 1.

Анализ опубликованных данных [1–3] показал, что такой тип регуляторов характеризуется широкой областью применения. По сравнению с другими видами регуляторов данное устройство имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- простота конструкции (отсутствие подвижных элементов);
- долговечность;
- невосприимчивость к воздействию электромагнитных полей;
- невосприимчивость к радиационному воздействию;
- возможность работы с различного рода газами и их смесями;



**Рис. 1.** Схема вихревого регулятора:  
1 — управляющий канал; 2 — питающий канал;  
3 — вихревая камера; 4 — выходной канал

- низкая стоимость изготовления (производства);
- низкие эксплуатационные затраты.

Изучив методы расчета [1– 4] и исследовав рабочие процессы в вихревых регуляторах, авторы данной работы пришли к заключению, что единого понимания в теории процессов, происходящих в этих устройствах, до сих пор не достигнуто. Основные зависимости давления в выходном патрубке регулятора от расхода в питающем сопле заложил в своих работах Л.А. Залманзон [1]. Для разработки новых конструкций вихревых регуляторов с применением современных программных пакетов и на базе современной компьютерной техники создана математическая модель процессов, происходящих внутри вихревой камеры [5].

Цель работы — получить экспериментальные данные по давлению и расходу в выходном канале, сопоставить их с результатами расчета, экспериментально «запереть» питающий канал с помощью потока газа из канала управления.

Запирание регулятора означает, что из канала питания в вихревую камеру не поступает поток газа. Согласно опубликованным данным, запирание питающего канала происходит в том случае, если в канал управления подается давление большее, чем в канал питания. На периферии вихревой камеры создается кольцо повышенного давления, которое преграждает путь потоку газа из канала питания.

Результат стационарного расчета движения газа в рабочей камере [5] вихревого регулятора с помощью ANSYS Fluid flow (CFX) показал, что давление в управляющем канале должно быть выше, чем давление в питающем канале.

По заданным размерам вихревой камеры разработана трехмерная модель. Опытный образец вихревого регулятора выполнен с применением аддитивных технологий (рис. 2).



Рис. 2. Трехмерная модель вихревого регулятора

Для проведения испытаний вихревого регулятора на кафедре «Вакуумная и компрессорная техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана создан экспериментальный стенд.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Залманзон Л.А. *Теория элементов пневмоники*. Москва, Наука, 1969, 508 с.
- [2] Лебедев И.В., Трескунов С.Л., Яковенко В.С. *Элементы струйной автоматики*. Москва, Машиностроение, 1973, с. 289–314.
- [3] Бугаенко В.Ф. *Пневмоавтоматика ракетно-космических систем*. Будник В.С., ред. Москва, Машиностроение, 1979, 168 с.
- [4] Попов Д.Н., ред. Исследование и расчет струйных элементов и цепей систем автоматического регулирования. *Труды МВТУ*, 1977, № 244, 79 с.
- [5] Белова О.В., Стародубцев А.А., Чернышев А.В. Вихревой регулятор давления газа. *Инженерный вестник*, 2014, вып. 5. URL: <http://engbul.bmstu.ru/doc/740398.html>

Статья поступила в редакцию 12.10.2015

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Усс А.Ю., Стародубцев А.А., Чернышев А.В. Разработка вихревого регулятора. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2015, вып. 11.  
URL: <http://engjournal.ru/catalog/pmce/vct/1440.html>

**Усс Александр Юрьевич** — студент кафедры «Вакуумная и компрессорная техника физических установок» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: [uss25.ru@hotmail.com](mailto:uss25.ru@hotmail.com)

**Стародубцев Алексей Александрович** — аспирант кафедры «Вакуумная и компрессорная техника физических установок» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

e-mail: Starodubtsev532@rambler.ru

**Чернышев Андрей Владимирович** — д-р техн. наук, профессор кафедры «Вакуумная и компрессорная техника физических установок» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

e-mail: av-chernyshev@yandex.ru

## The development of the vortex regulator

© A.Yu. Uss, A.A. Starodubtsev, A.V. Chernyshev

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

*The article discloses relevance and areas of application of vortex regulators. It considers the status of the issue for today concerning use and development of vortex regulators, and shows a diagram the vortex. Based on the analysis of published data and on preliminary numerical calculation of the gas flow in the working cavity of the vortex regulator we defined its geometric parameters, developed a three-dimensional model. Applying of additive technologies we made a prototype of vortex regulator and we produced an experimental stand to conduct its tests.*

**Keywords:** vortex regulator, control jet, locking of regulator.

### REFERENCES

- [1] Zalmanzon L.A. *Teoriya elementov pnevmoniki* [The theory of pneumonics elements]. Moscow, Nauka Publ., 1969, 508 p.
- [2] Lebedev I.V., Treskunov S.L., Yakovenko V.S. *Elementy struynoy avtomatiki* [Elements of jet automation]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1973, pp. 289–314.
- [3] Bugaenko V.F. *Pnevmoavtomatika raketno-kosmicheskikh sistem* [Pneumatic automation of space rocket systems]. Budnik V.S., ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1979, 168 p.
- [4] Popov D.N. ed. *Issledovaniye i raschet struynykh elementov i tsepey sistem avtomaticheskogo regulirovaniya* [Research and calculation of jet elements and circuits of automatic control systems]. Trudy MVTU — Works of BMHTS, 1977, no. 244, 79 p.
- [5] Belova O.V., Starodubtsev A.A., Chernyshev A.V. Вихревой регулятор давления газа. *Inzhenernyy vestnik — Engineering Gazette*, 2014, issue. 5. Available at: <http://engbul.bmstu.ru/doc/740398.html>

**Uss A.Yu.**, a student of the Department “Vacuum and Compressor Equipment of Physical Installations” at Bauman Moscow State Technical University.  
e-mail: [uss25.ru@hotmail.com](mailto:uss25.ru@hotmail.com)

**Starodubtsev A.A.**, postgraduate student of the Department “Vacuum and Compressor Equipment of Physical Installations” at Bauman Moscow State Technical University.  
e-mail: [Starodubtsev532@rambler.ru](mailto:Starodubtsev532@rambler.ru)

**Chernyshev A.V.**, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department “Vacuum and Compressor Equipment of Physical Installations” at Bauman Moscow State Technical University.  
e-mail: [av-chernyshev@yandex.ru](mailto:av-chernyshev@yandex.ru)