



Получено: 25.10.2023 г. | Принято: 30.10.2023 г. | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.7-8.476.480>

Научная статья

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ КЛАПАНОВ

Д.М.Иванков¹, магистрант, ORCID: 0009-0006-3510-2770 / ivankovdanila@yandex.ru

А.С.Ломакин¹, магистрант, ORCID: 0009-0008-3786-1847

С.П.Бычков¹, к.т.н., доц., ORCID: 0009-0000-2195-5453

А.А.Копылов¹, аспирант, ORCID: 0000-0001-5528-6518

Аннотация. В данной статье представлен анализ результатов экспериментов по исследованию влияния температуры окружающей среды на основные технические характеристики пропорциональных газовых клапанов – выходной расход газа и ширину петли гистерезиса. Проведен сравнительный анализ результатов измерений выходного расхода газа при различных температурах окружающей среды для разрабатываемого российского клапана и наиболее востребованных моделей зарубежных клапанов – ASCO 202 и Norgren IMI FAS.

Ключевые слова: пропорциональный газовый клапан, расход газа, температурные характеристики

Для цитирования: Д.М. Иванков, А.С. Ломакин, С.П. Бычков, А.А. Копылов. Температурные режимы работы пропорциональных газовых клапанов. НАНОИНДУСТРИЯ. 2023. Т. 16, № 7-8. С. 476–480. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.7-8.476.480>

Received: 25.10.2023 | Accepted: 30.10.2023 | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.7-8.476.480>

Original paper

TEMPERATURE OPERATING MODES OF PROPORTIONAL GAS VALVES

D.M.Ivanov¹, Graduate Student, ORCID: 0009-0006-3510-2770 / ivankovdanila@yandex.ru

A.S.Lomakin¹, Graduate Student, ORCID: 0009-0008-3786-1847

S.P.Bychkov¹, Cand. of Sci. (Tech), ORCID: 0009-0000-2195-5453

A.A.Kopylov¹, Aspirant, ORCID: 0000-0001-5528-6518

Abstract. This paper describes the results of experiments to study the effects of the temperature of a proportional gas valve on its main technical characteristics – the output gas flow and the width of the hysteresis loop. A comparative analysis of the results of measurements of the output gas flow rate for the Russian valve being developed and the most popular models of foreign valves – ASCO 202 and Norgren IMI FAS was carried out.

Keywords: proportional gas valve, output gas flow, temperature characteristics

For citation: D.M. Ivanov, A.S. Lomakin, S.P. Bychkov, A.A. Kopylov. Temperature operating modes of proportional gas valves. NANOINDUSTRY. 2023. V. 16, no. 7-8. PP. 476–480. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2023.16.7-8.476.480>

¹ Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Россия / Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

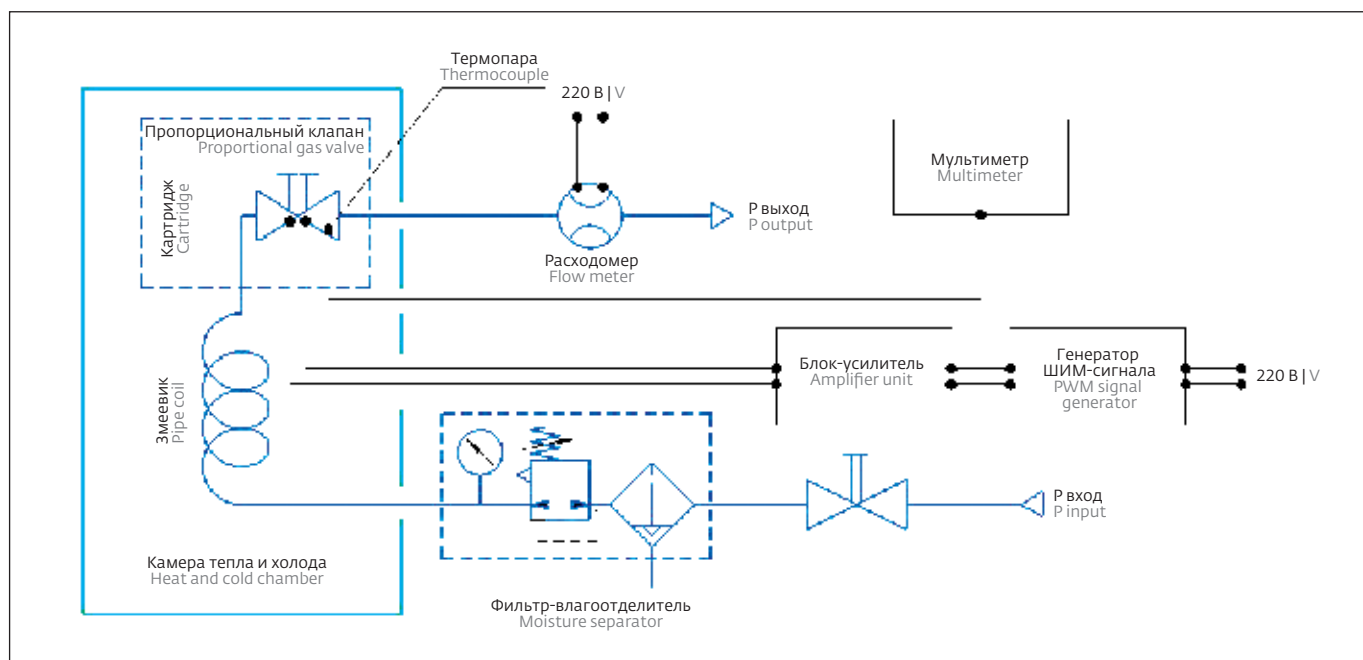


Рис.1. Схема экспериментальной установки

Fig.1. Schematic of the experimental setup

ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение пропорциональных газовых клапанов диктует необходимость проведения дополнительных испытаний при различных условиях работы.

Одним из важнейших внешних факторов, оказывающих влияние на работу такого клапана, считается температура окружающей среды, при которой эксплуатируется клапан.

Целью данной работы является исследование влияния температуры клапана на его ключевые характеристики, а именно на выходной расход газа, ширину петли гистерезиса и линейность работы. Результаты исследований позволят скорректировать режимы испытаний на этапе производства.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальная установка по определению расхода газа пропорционального клапана в зависимости от температуры окружающей среды, схема которой изображена на рис.1, представляет собой камеру тепла и холода, в которой установлен пропорциональный газовый клапан. Камера тепла и холода позволяет устанавливать необходимую рабочую температуру среды. В камеру вводятся газовая магистраль, клеммы подключения клапана к питанию и щуп термопары. Входное давление регулируется с помощью фильтра-регулятора.

INTRODUCTION

The widespread use of proportional gas valves necessitates additional testing under various operating conditions.

One of the most important external factors affecting on such valve performance is the ambient temperature while a valve is operated.

The purpose of this work is to study the effect of valve temperature on its key characteristics, namely, output gas flow rate, hysteresis loop width and operation linearity. The study results will allow adjusting the testing modes at the production stage.

EXPERIMENT DESCRIPTION

The experimental setup for determining the gas flow rate of the proportional valve depending on the ambient temperature, is shown on the diagram in Fig.1, is a heat and cold chamber where proportional gas valve is installed. The heat and cold chamber allows setting the required operating temperature of the medium. The gas line, terminals for connecting the valve to the power supply and a thermocouple probe are introduced into the chamber. The inlet pressure is regulated by the filter regulator. The flow rate from the valve is recorded by a flow meter mounted at the outlet of the heat and cold chamber. The temperature of the valve is determined by means of a multimeter receiving the signal from the thermocouple.

The experiment was conducted in a KTH-20M heat and cold chamber (Fig.2), which allows for precise setting of

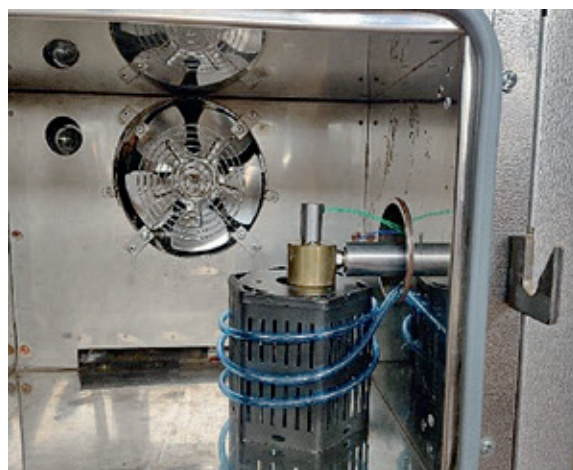
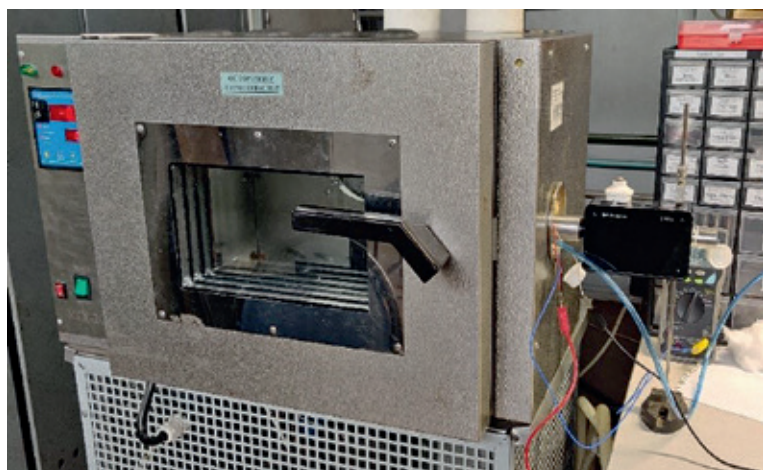


Рис.2. а – камера тепла и холода КТХ-20М; б – положение клапана в камере тепла и холода
Fig.2. a – KTX-20M heat and cold chamber; b – Valve position in the heat and cold chamber

Расход воздуха из клапана фиксируется расходомером, установленным на выходе из камеры тепла и холода. С помощью мультиметра, принимающего сигнал с термопары, определяется температура самого клапана.

Эксперимент проводился в камере тепла и холода КТХ-20М (рис.2), позволяющей точно задавать температуру окружающей среды и рабочую температуру пропорционального клапана (рис.3).

В камере был установлен манифольд с подключенным к нему клапаном. Воздух в манифольд попадает через газовую трубку-змеевик, намотанную на подставку манифольда. Такое расположение трубки позволяет установить температуру воздуха, поступающего в клапан, близкой к температуре воздуха в камере. На выходе из клапана воздух через ламинатор потока поступает в расходомер CITREX H4 [1].

Эксперименты проводились для трех клапанов: Norgren IMI FAS [2], ASCO 202 [3] и клапана, разрабатываемого АО "Плутон". Для каждого клапана в диапазоне температур от 0 до 60 °С с шагом в 5 °С были получены графики зависимости расхода от установленной на генераторе Tektronix AFG3021C скважности управляющего ШИМ-сигнала [4].

Чтобы температура в камере и на клапане стабилизировалась, измерения начинались только через 25 мин после установки температуры на панели управления КТХ-20М. Скважность изменялась от 0 до 99 % с шагом в 5 %. Для каждого графика также фиксировались температуры на клапане до и после проведения измерений.

the ambient temperature and the proportional valve operating temperature (Fig.3).

A manifold with a valve connected to it was installed in the chamber. Air enters the manifold through a gas tube coil wrapped around the manifold base. This arrangement of the tube allows the temperature of air entering the valve to be set close to air temperature in the chamber. At the valve outlet, the air enters the CITREX H4 flow meter through the flow laminator [1].

Experiments were conducted for three valves: Norgren IMI FAS [2], ASCO 202 [3] and a valve being developed by Pluton JSC. For each valve in the temperature range from 0 to 60 °C with a step of 5 °C, diagrams of the flow rate

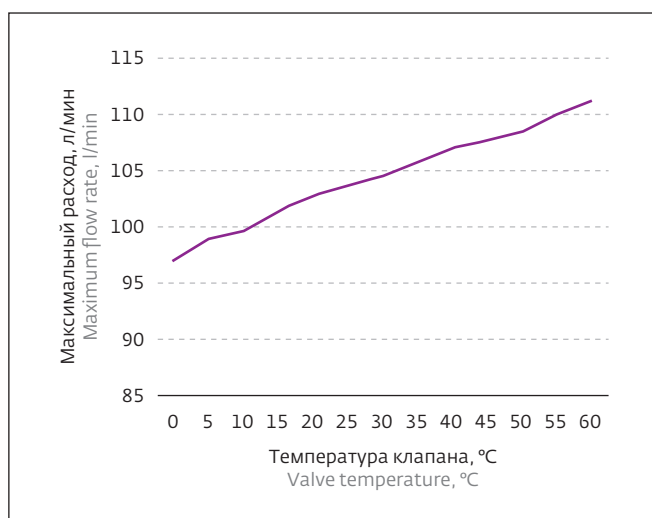


Рис.3. Зависимость максимального потока от температуры для клапана Norgren IMI FAS

Fig.3. Зависимость максимального потока от температуры для клапана Norgren IMI FAS

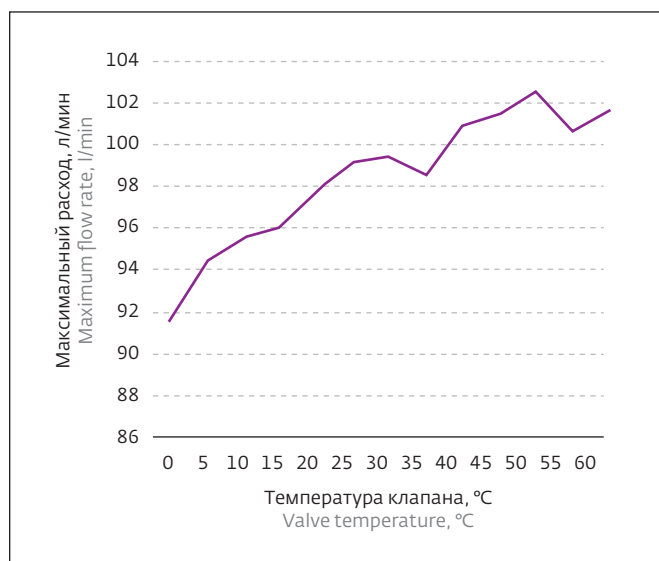


Рис.4. Зависимость максимального потока от температуры для клапана ASCO 202

Fig.4. Temperature dependence of maximum flow for ASCO 202 valve

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты измерений представлены на диаграммах (рис.3–8).

ВЫВОДЫ

Проведенные в рамках данной работы исследования выявили увеличение выходного расхода газа с увеличением температуры окружающей среды.

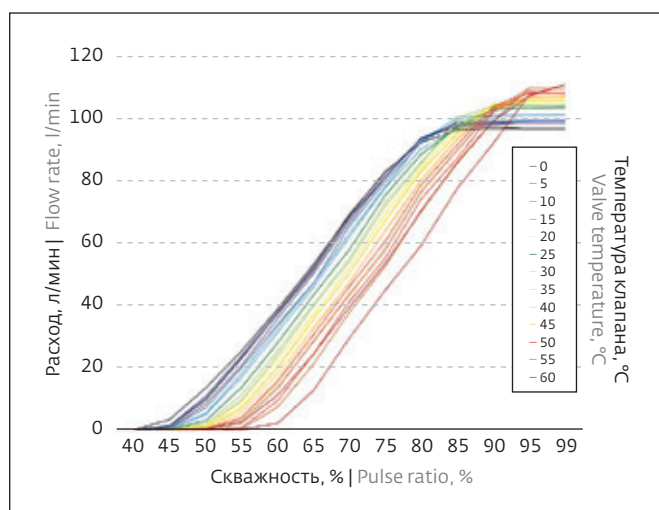


Рис.6. График зависимости выходного расхода газа от скважности и температуры для Norgren IMI FAS

Fig.6. Diagram of output gas flow rate vs. flow rate and temperature for Norgren IMI FAS

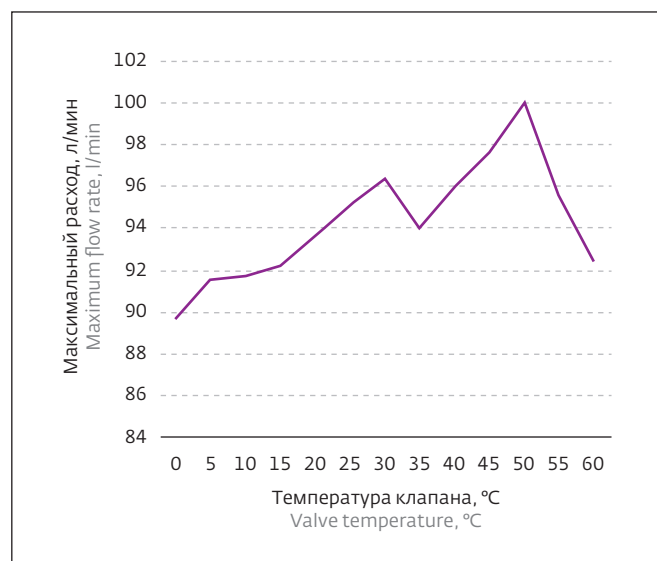


Рис.5. Зависимость максимального потока от температуры для клапана АО "Плутон"

Fig.5. Temperature dependence of the maximum flow for the Pluton valve

dependence on the PWM control signal width set on the Tektronix AFG3021C generator [4] were obtained. To stabilize temperature in the chamber and at the valve, measurements were not started until 25 minutes after the temperature was set on the KTX-20M control panel. The RMS was varied from 0 to 99 % in steps of 5 %. For each graph, the valve temperatures before and after the measurements were also recorded.

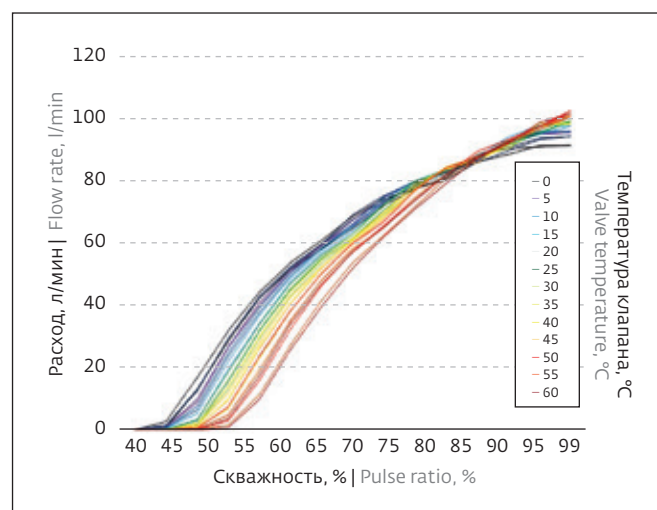


Рис.7. График зависимости выходного расхода газа от скважности и температуры для клапана ASCO 202

Fig.7. Graph of output gas flow rate vs. flow rate and temperature for ASCO 202

Однако при этом увеличение температуры окружающей среды отрицательно сказывается на стабильности работы пропорциональных газовых клапанов.

С увеличением температуры максимальный поток линейно рос только у клапана Norgren IMI FAS (рис.3). Для клапанов ASCO и АО "Плутон" характерно скачкообразное повышение максимального потока (рис.4, 5).

С увеличением температуры окружающей среды значение скважности, при которой клапаны начинают работать линейно, смещается ближе к 99 % (рис.6–8). Это говорит о том, что при высоких температурах пропорциональные клапаны хуже открываются на низких значениях скважности.

Повышение температуры окружающей среды негативно сказывается на магнитных свойствах материалов деталей магнитозамкнутого контура [5], а также на сопротивлении обмотки катушки индуктивности, что приводит к снижению ее магнитодвижущей силы, открывающей клапан.

ИНФОРМАЦИЯ О РЕЦЕНЗИРОВАНИИ

Редакция благодарит анонимного рецензента (рецензентов) за их вклад в рецензирование этой работы, а также за размещение статей на сайте журнала и передачу их в электронном виде в НЭБ eLIBRARY.RU.

Декларация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. CITREX H4 · IMT Analytics AG. [Электронный ресурс]. URL: https://www.imtanalytics.com/en/Analyser/CITREX_H4 (дата обращения: 27.04.2022).
2. IMI FAS IMI Precision Engineering Norgren. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.norgren.com/ru/ru/imi-fas> (дата обращения: 18.12.2021).
3. ASCO | Серия 202-prec1 | Пропорциональные клапаны. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/asco-202-prec1-ru-ru> (дата обращения: 18.12.2021).
4. Sun J. Pulse-width modulation // Dynamics and control of switched electronic systems. Springer, 2012. PP. 25–61.
5. Дружинин В.В. Магнитные свойства электротехнической стали. Госэнергоиздат, 1962.

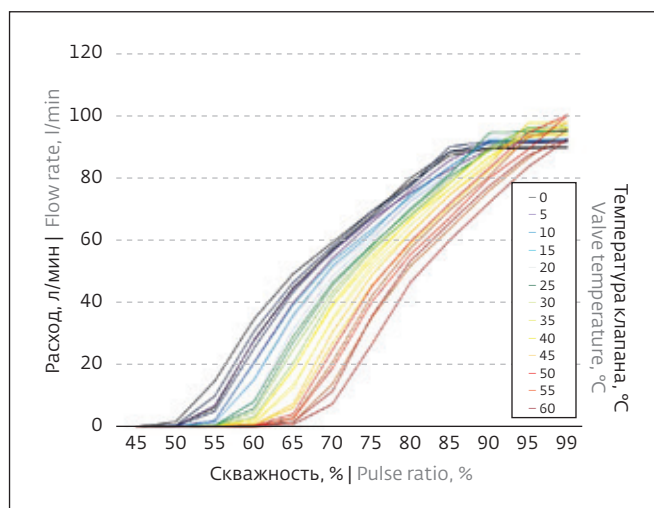


Рис.8. График зависимости выходного расхода газа от скважности и температуры для клапана АО "Плутон"

Fig.8. Diagram of dependence of output gas flow rate on flow rate and temperature for Pluton valve

RESULTS

The results of measurements are presented in the diagrams (Fig.3–8).

CONCLUSIONS

The studies conducted in this work revealed an increase in the output gas flow rate with increasing ambient temperature. However, the increase in ambient temperature has a negative effect on stability of the proportional gas valves.

While temperature grows, the maximum flow increased linearly only for the Norgren IMI FAS valve (Fig.3). ASCO and AS Pluton valves are characterized by a jump-like increase in maximum flow (Fig.4, 5).

As the ambient temperature increases, the slope at which the valves begin to operate linearly shifts closer to 99 % (Figs.6–8). This indicates that at high temperatures, the proportional valves open more poorly at lower slots.

An increase in ambient temperature negatively affects the magnetic properties of the materials of the parts of the magnetically closed circuit [5], as well as the winding of the inductance coil resistance, which leads to magnetomotive force decrease that opens the valve.

PEER REVIEW INFO

Editorial board thanks the anonymous reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work. It is also grateful for their consent to publish papers on the journal's website and SEL eLibrary eLIBRARY.RU.

Declaration of Competing Interest. The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.



30-Я НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ "ВАКУУМНАЯ НАУКА И ТЕХНИКА" ПРОШЛА В МАХАЧКАЛЕ

С 10 по 14 октября 2023 года в Махачкале прошла 30-я научно-техническая конференция с участием зарубежных специалистов "Вакуумная наука и техника". Организатором конференции выступили Российское вакуумное общество и ООО "Электровacuумные технологии".

По традиции, эта научная конференция проводится ежегодно в начале осени. В следующем году проведение очередной конференции запланировано на сентябрь.

В работе конференции, проходившей в живописной части Махачкалы – в научно-оздоровительном комплексе "Журавли" – приняли участие представители ведущих промышленных предприятий, учебных и научных институтов.

В ходе конференции авторами были представлены доклады по научным направлениям:

- Физические явления в вакууме;
- Вакуумные системы, устройства и технологическое оборудование;
- Тонкопленочные покрытия и наноструктуры;
- Вакуумные технологии и аэрокосмический комплекс;
- Биомедицинские вакуумные технологии;
- Эмиссионные процессы и источники заряженных частиц в приборах и устройствах.

Во время работы конференции был проведен конкурс научных работ молодых специалистов, по итогам которого призы были отмечены почетными грамотами организационного комитета и денежными призами.

В культурной программе конференции участники получили возможность посетить и осмотреть наиболее интересные достопримечательности республики Дагестан: самый древний город России Дербент, ракетоплан Лунь, Сулакский каньон и бархан Сары-Кум.



По итогам работы конференции представленные доклады будут опубликованы в научно-техническом сборнике, входящем в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Спонсорами конференции выступили ООО "Ферри Ватт" (г. Казань), ООО "Эрствак" (Москва), АО "Интек Аналитика" (Санкт-Петербург), Группа компаний Криосистемы (Москва), ООО "Электровacuумные технологии" (Москва).

