

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.37>**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕДУЦИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ**

Научная статья

**Куликова Е.С.<sup>1,\*</sup>, Кузьмин О.С.<sup>2</sup>, Сечин В.И.<sup>3</sup>**<sup>1,3</sup> Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация<sup>2</sup> Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС), Хабаровск, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (kulikovaes[at]mail.ru)

**Аннотация**

Газораспределительные станции (ГРС) являются элементами газотранспортной системы Российской Федерации и служат для подготовки, а также понижения давления газа в трубопроводе до уровня, безопасного для дальнейшего его потребления. Цель работы – разработать техническое решение, которое позволит минимизировать вероятность ошибок эксплуатационного персонала и риск возникновения аварийных ситуаций на газораспределительных станциях. Авторами предложен вспомогательный способ настройки пилотных регуляторов давления газа (пилотов) вспомогательным оборудованием. Основными преимуществами разработанного способа являются универсальность, простота исполнения при использовании вспомогательного устройства, а также его эффективность, позволяющая исключить ошибки, возникающие по вине персонала и снижающие уровень промышленной безопасности.

**Ключевые слова:** газораспределительные станции, блок редуцирования газа, пилотный регулятор давления газа, эксплуатационный персонал, человеческий фактор, промышленная безопасность, вспомогательные устройства.

**DEVELOPMENT OF A TECHNICAL SOLUTION TO IMPROVE THE SAFE OPERATION OF THE REDUCING EQUIPMENT OF GAS DISTRIBUTION STATIONS**

Research article

**Kulikova E.S.<sup>1,\*</sup>, Kuzmin O.S.<sup>2</sup>, Sechin V.I.<sup>3</sup>**<sup>1,3</sup> Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation<sup>2</sup> Far Eastern State Transport University (FEGUPS), Khabarovsk, Russian Federation

\* Corresponding author (kulikovaes[at]mail.ru)

**Abstract**

Gas distribution stations (GDS) are elements of the gas transportation system of the Russian Federation and are used for preparation as well as reduction of gas pressure in the pipeline to the level safe for its further consumption. The aim of the work is to develop a technical solution, which would allow to minimize the probability of errors of operating personnel and risk of emergencies at gas distribution stations. The authors proposed an auxiliary method of adjustment of pilot gas pressure regulators (pilots) by auxiliary equipment. The main advantages of the developed method are universality, simplicity of execution when using the auxiliary device, as well as its efficiency, allowing to exclude errors arising due to the fault of personnel and reducing the level of industrial safety.

**Keywords:** gas distribution stations, gas reduction unit, pilot gas pressure regulator, operating personnel, human factors, industrial safety, auxiliary devices.

**Введение**

Целью развития энергетики Российской Федерации является, с одной стороны, максимальное содействие социально-экономическому развитию страны, а с другой стороны укрепление и сохранение позиций Российской Федерации в мировой энергетике, как минимум, на период до 2035 года. Для достижения поставленной цели в условиях прогнозируемых изменений мировой экономики и экономики Российской Федерации потребуется ускоренный переход (модернизационный рывок) к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, способной адекватно ответить на вызовы и угрозы в своей сфере и преодолеть имеющиеся проблемы [1]. Обеспечение природным газом населения осуществляется через Единую систему газоснабжения, представляющую собой имущественный производственный комплекс, состоящий из технологически, организационно и экономически взаимосвязанных, а также централизованно управляемых производственных и иных объектов, предназначенных для добычи, транспортировки, хранения и поставок газа [2]. Одним из мероприятий, обеспечивающих эксплуатацию ГРС в безопасном режиме, относится поддержание работоспособного состояния технологического оборудования, узлов и различных систем [3], которое, как отмечено в [4], [5] обеспечивается сотрудниками, путем соблюдения правил охраны труда, а также главным образом зависит от уровня подготовки персонала. Надежность работы и эффективность его использования на действующих газопроводах, зависит от правильной технической эксплуатации, обеспечивающей длительное сохранение ее в исправном и работоспособном состоянии [6]. Однако, несмотря на модернизацию оборудования ГРС, усиленную и систематизированную подготовку эксплуатационного персонала, а также разработку различных методов направленных на минимизацию риска аварийных ситуаций, на сегодняшний день, как указано в работе [7], существует целый ряд факторов, оказывающих влияние на безопасность труда самого персонала, среди которых, в том числе, присутствует человеческий фактор. Также одной из причин, способствующих возникновению и развитию аварий на ГРС, выделяют нарушение оперативным персоналом правил технической эксплуатации, а также

ошибки, связанные с невнимательностью [8, П. 5.1]. Практическая значимость работы заключается в том, что наиболее эффективным и менее затратным способом является оснащение регуляторов давления газа (пилотов) вспомогательными контрольными устройствами. Основными преимуществами разработанного способа являются универсальность, простота исполнения при использовании вспомогательного устройства, а также его эффективность, позволяющая исключить ошибки, возникающие по вине персонала и снижающие уровень промышленной безопасности.

### Основные результаты

Блок редуцирования давления газа с защитой (БРЗ) [9,10], состоящий из двух последовательно установленных регуляторов давления, используется в системах распределения природного газа и предназначен для обеспечения редуцирования и стабилизации выходного давления газа. Регулятор давления осевой (РДО) (Рис. 1) входящий в состав БРЗ, состоит из осевого клапана с эластичным затвором (манжеты) и регулятора давления (пилота).

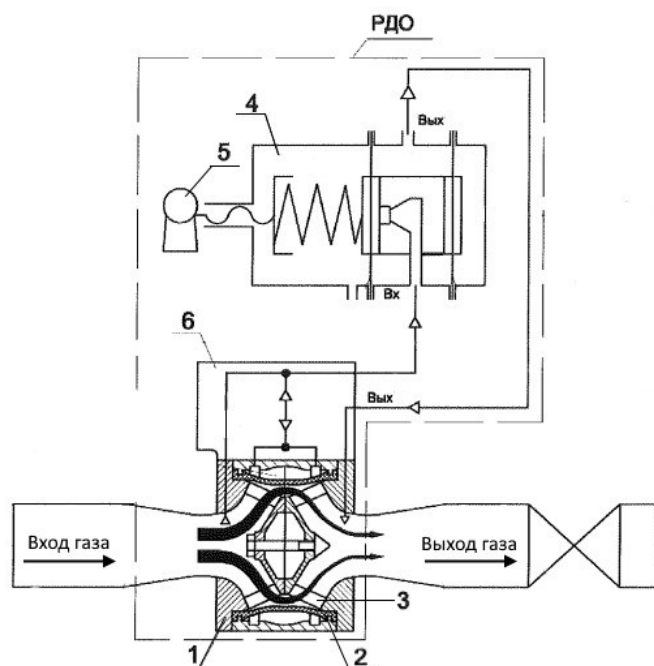


Рисунок 1 - Схема работы РДО

1 – клапан осевой; 2 – манжета; 3 – решетка; 4 – пилот (регулятор давления); 5 – регулировочный винт; 6 – распределительный блок

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.37.1>

Согласно схеме работы РДО, газ из трубопровода поступает на вход осевого клапана (1). В исходном состоянии манжеты клапана (2) плотно прижаты к решеткам (3). Под воздействием давления газа манжета деформируется, отжимается от решеток и газ поступает на выход. Вместе с тем часть газа поступает по каналам через распределительный блок на вход пилота (4) и в пространство над манжетой. Пилот, в зависимости от установки регулировочного винта (5) и величины выходного давления, уменьшает или увеличивает расход газа. С выхода пилота газ вновь поступает в распределительный блок (6), а затем по каналам корпуса и решетки — на выход клапана.

Совместное действие распределительного блока и пилота приводит к изменению управляющего давления в пространстве над манжетой. Входное и управляющее давление совместно действуют на эластичный затвор с разных сторон. Разность этих давлений вызывает увеличение или уменьшение зазора между манжетой и решетками, т. е. изменение пропускной способности регулятора.

Установка регулируемого давления осуществляется на двух последовательно установленных РДО путем равномерного изменения затяжки пружин регулировочными винтами пилотов. В процессе эксплуатации БРЗ, операторы сталкиваются с таким явлением как «пульсация газа», которое возникает при неравномерной затяжке регулировочных винтов пилотов на двух РДО, то есть в пространстве над манжетами последовательно установленных клапанов, оказывается разное установочное давление, вследствие чего возникает вышеуказанное явление, которое негативно влияет как на работу БРЗ, так и на работу всей ГРС в целом. Несоблюдение равномерности затяжки винтов при регулировке РДО обусловлено следующими причинами:

- использование техники затяжки винтов двумя гаечными ключами одновременно, что не гарантирует точного и симметричного положения винтов;
- усталость либо невнимательность персонала, выраженная отсутствием фиксации в памяти совершаемых действий.

Указанные причины относятся к проблемам человеческого фактора негативно влияющего как на безопасную эксплуатацию оборудования ГРС, так и на уровень промышленной безопасности и охраны труда. Технической задачей

на решение которой направлен предложенный авторами способ настройки регуляторов давления газа является использование дополнительных средств, обеспечивающих симметричность при настройке регуляторов блока редуцирования (далее БР) с целью стабилизации выходного давления газа.

Поставленная задача достигается тем, что в способе настройки пилотов РДО для стабилизации выходного давления газа газораспределительной станции на корпусе этих пилотов при помощи крепежных элементов зафиксированы два устройства показателя положения регулировочных винтов, исполненные по типу динамометра (указатель), также имеющие в своем составе шкалу со стрелкой и цифровым обозначением количества оборотов регулировочного винта, пружину растяжения и силовой крючок, кроме того связь между указателем и регулировочным винтом обеспечивается стальным тросиком, проходящим через направляющую алюминиевую пластину с завальцованной втулкой, смонтированной на верхних болтах фланцевого соединения пилотов (Рис. 2).

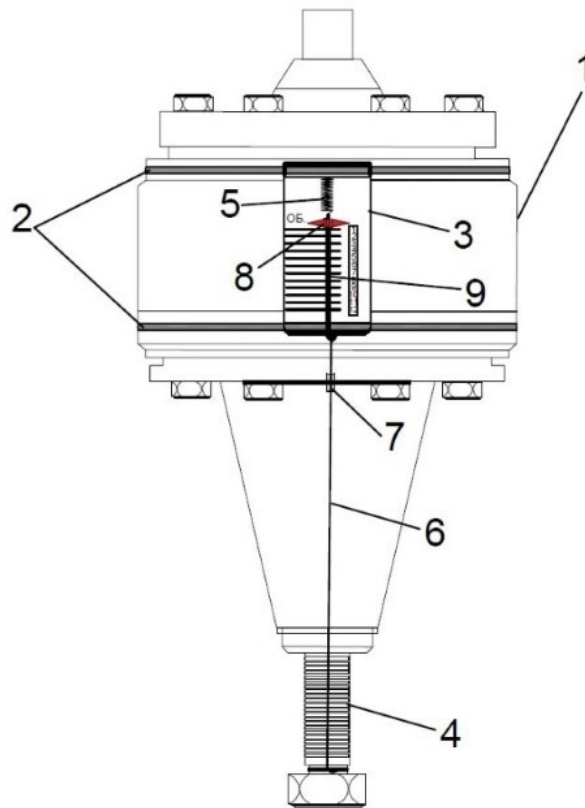


Рисунок 2 - Указатель положения регулировочного винта пилота

1 – корпус пилота; 2 – крепежные элементы (хомут); 3 – корпус указателя; 4 – регулировочный винт; 5 – силовой крюк; 6 – стальной тросик; 7 – направляющая алюминиевая пластина с завальцованной втулкой; 8 – стрелка указателя; 9 – цифровая шкала указателя

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.133.37.2>

Настройка пилотов РДО для стабилизации выходного давления газа реализуется следующим образом: на корпусе пилота (1), при помощи крепежных элементов (хомутов) (2) смонтирован корпус указателя положения регулировочных винтов, исполненный по типу динамометра (3). При выкручивании и смещении регулировочного винта (4) происходит растяжение пружины с силовым крючком на конце (5) посредством натяжения стального тросика (6), связывающий пружину и регулировочный винт, а также проходящую через направляющую алюминиевую пластину с завальцованной втулкой (7). Движение пружины вызывает смещение стрелки – указателя (8) вдоль цифровой шкалы указателя (9), на которой нанесено положение регулировочного винта, выраженное в оборотах. Контроль количества оборотов винта эксплуатационным персоналом, осуществляется согласно положению указателя. При вкручивании винта, пружина сжимается, также вызывая движение стрелки в обратном направлении.

### Заключение

В процессе эксплуатации блока редуцирования операторы сталкиваются с негативным явлением «пульсация газа», которое возникает при неравномерной затяжке регулировочных винтов пилотов и которое негативно влияет как на работу БРЗ, так и на работу всей газораспределительной станции. Учитывая эти факторы, авторами предложен способ, который позволит исключить ошибочные действия выполняемые персоналом ГРС во время рабочей смены и при ее передаче.

Авторами предложен вспомогательный способ настройки пилотных регуляторов давления газа (пилотов):

1. На корпусе регуляторов при помощи крепежных элементов необходимо зафиксировать два устройства показателя положения регулировочных винтов.

2. Использовать указатели по типу динамометра (далее указатель).

3. Указатели должны иметь: шкалу со стрелкой и цифровым обозначением количества оборотов регулировочного винта, пружину растяжения и силовой крючок.

4. Связь между указателем и регулировочным винтом, обеспечивается стальным тросиком, проходящим через направляющую алюминиевую пластину, с завальцованной втулкой.

Основными преимуществами разработанного способа являются универсальность, простота исполнения при использовании вспомогательного устройства, а также его эффективность, позволяющая исключить ошибки, возникающие по вине персонала и снижающие уровень промышленной безопасности, также необходимо отметить, что авторы подали заявку на изобретение «Способ настройки регуляторов давления блока редуцирования, для стабилизации выходного давления газа».

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Федеральный закон от 31.03.1999 № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Федеральный закон от 31.03.1999 № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации». — 2022. — №69. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901729900> . (дата обращения: 30.03.23)

2. Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов ВРД 39-1.10-005-2000 — Введ. 2023-04-22. — М.: Стандарт, 2000. — 100 с. — URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/8/8467/index.htm> (дата обращения: 30.03.23)

3. Варнаков Д.В. Моделирование опасных факторов пожара. / Д.В. Варнаков // Современная наука. — 2018. — 12. — с. 45-47.

4. Егоров В.В. К проблеме снижения риска совершения ошибок в работе операторов систем автоматизированного управления газораспределительными станциями. / В.В. Егоров, М. Ел-Грейд // Наука и Техника. — 2011. — 2. — с. 38-45.

5. Российская Федерация. Приказ Ростехнадзора (Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору) от 26.12.2018 г. № 647 — [6-е изд]. — М.: Стандарт, 2000. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/552055785> (дата обращения: 30.03.23).

6. Кузьмина Е.С. Анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах хранения нефти и нефтепродуктов. / Е.С. Кузьмина, В.В. Варнаков // Современная наука. — 2019. — 4-1. — с. 379-383.

7. Руководство по безопасности "Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа" — Введ. 2018-12-26. — М.: Стандарт, 2018. — 100 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/552083261?marker=7D20K3> (дата обращения: 30.03.23)

8. Российская Федерация. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года — М.: Стандарт, 2020. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/565068231?marker=65A0IQ> (дата обращения: 30.03.23).

9. Инструкции по эксплуатации "Блоки редуцирования мониторинговые БРМ": ЗИ2. 501. 019 РЭ; утв. Главным инженером ООО "Газприборавтоматика" 26.05.2012 г. — Введ. 2012-05-26. — М.: Газприборавтоматика, 2012. — 33 с.

10. Руководстве по эксплуатации "Регуляторы РДС-ПС-09, РДС-ДС-09": ЗИ2. 573. 038. . — Введ. 2018-03-21. — М.: Стандарт, 2018. — 20 с.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Federal'ny'j zakon ot 31.03.1999 № 69-FZ «O gazosnabzhenii v Rossijskoj Federacii» [Energy Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2035] [Electronic source] // Energy Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2035. — 2022. — №69. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901729900> . (accessed: 30.03.23) [in Russian]

2. Polozhenie po tekhnicheskoi ekspluatatsii gazoraspredeletelnykh stantsii magistralnykh gazoprovodov VRD 39-1.10-005-2000 [Regulations on the technical operation of gas distribution stations of main gas pipelines VRD 39-1.10-005-2000] — Introduced 2023-04-22. — М.: Standart, 2000. — 100 p. — URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/8/8467/index.htm> (accessed: 30.03.23) [in Russian]

3. Varnakov D.V. Modelirovanie opasny'x faktorov pozhara [Modeling of Dangerous Factors of Fire]. / D.V. Varnakov // Sovremennaya nauka [Modern Science]. — 2018. — 12. — p. 45-47. [in Russian]

4. Egorov V.V. K probleme snizheniya riska soversheniya oshibok v rabote operatorov sistem avtomatizirovannogo upravleniya gazoraspredeletel'ny'mi stantsiyami [On the Problem of Reducing the Risk of Making Mistakes in the Work of Operators of Automated Control Systems of Gas Distribution Stations]. / V.V. Egorov, M. El-Grejd // Nauka i Texnika [Science and Technology]. — 2011. — 2. — p. 38-45. [in Russian]

5. Russian Federation. Prikaz Rostekhnadzora (Federalnaya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru) ot 26.12.2018 g. № 647 [Regulations on the technical operation of gas distribution stations of main gas

pipelines VRD 39-1.10-005-2000] — [6 edition]. — М.: Standart, 2000. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/552055785> (accessed: 30.03.23). [in Russian]

6. Kuz'mina E.S. Analiz prichin vozniknoveniya chrezvy'chajny'x situacij na ob'ektax xraneniya nefi i nefteproduktov [Analysis of the Causes of Emergency Situations at the Objects of Storage of Oil and Petroleum Products]. / E.S. Kuz'mina, V.V Varnakov // *Sovremennaya nauka* [Modern Science]. — 2019. — 4-1. — p. 379-383. [in Russian]

7. Rukovodstvo po bezopasnosti "Metodika otsenki riska avarii na opasnix proizvodstvennikh obektakh magistralnogo truboprovodnogo transporta gaza" [Operating manual "Regulators RDS-PS-09, RDS-DS-09": ZI2. 573. 038. RE: approved. Chief engineer of LLC "Gazpriboravtomatika" 03/21/2018] — Introduced 2018-12-26. — М.: Standart, 2018. — 100 p. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/552083261?marker=7D20K3> (accessed: 30.03.23) [in Russian]

8. Russian Federation. Energeticheskaya strategiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2035 goda [Energy Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2035] — М.: Standart, 2020. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/565068231?marker=65A0IQ> (accessed: 30.03.23). [in Russian]

9. Instrukcii po e'kspluatacii "Bloki reducirovaniya monitoringovy'e BRM": ZI2. 501. 019 RE': utv. Glavny'm inzhenerom OOO "Gazpriboravtomatika" 26.05.2012 g [Operating instructions "Monitoring Reduction Units BRM": ZI2. 501.019 RE]. — Introduced 2012-05-26. — М.: Gazpriboravtomatika, 2012. — 33 p. [in Russian]

10. Rukovodstve po e'kspluatacii "Regulatory' RDS-PS-09, RDS-DS-09": ZI2. 573. 038. [Operating manual "Regulators RDS-PS-09, RDS-DS-09": ZI2. 573.038.RE]. — Introduced 2018-03-21. — М.: Standart, 2018. — 20 p. [in Russian]