УДК 622.691.5

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ

ANALYSIS OF MODERN METHODS OF GAS DISTRIBUTION STATION RECONSTRUCTION

Лулаков Петр Алексеевич
студент,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II
s232544@stud.spmi.ru

Научный руководитель

Николаев Александр Константинович
доктор технических наук,
доцент,
профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II
Nikolaev_AK@pers.spmi.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы реконструкции газораспределительных станций (ГРС) в условиях повышения требований к энергоэффективности, экологической безопасности и надежности газоснабжения. Проведен анализ актуальных исследований, посвященных внедрению интеллектуальных систем управления, энергосберегающих технологий, инновационных методов подогрева газа и когенерационных решений. Выявлены основные направления развития: цифровизация процессов, применение энергоразделяющих устройств, использование альтернативных источников энергии и комплексный учет экономических факторов. Показано, что наибольший эффект достигается при интеграции различных подходов, что позволяет повысить эффективность работы ГРС и снизить их воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: газораспределительная станция, цифровизация, энергосбережение, редуцирование газа, интеллектуальные системы управления.

Lulakov Petr Alekseevich
Student,
St. Petersburg Mining University
of Empress Catherine II
s232544@stud.spmi.ru

Research supervisor

Alexander Konstantinovich Nikolaev
Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor,
Professor of the Department of Oil
and Gas Transportation and Storage,
St. Petersburg Mining University
of Empress Catherine II
Nikolaev_AK@pers.spmi.ru

Annotation. The article discusses modern methods of reconstruction of gas distribution stations in conditions of increasing requirements for energy efficiency, environmental safety and reliability of gas supply. The analysis of current research on the introduction of intelligent control systems, energy-saving technologies, innovative methods of gas heating and cogeneration solutions is carried out. The main directions of development have been identified: digitalization of processes, the use of energy separation devices, the use of alternative energy sources and integrated consideration of economic factors. It is shown that the greatest effect is achieved by integrating different approaches, which makes it possible to increase the efficiency of GDS and reduce their impact on the environment.

Keywords: gas distribution station, digitalization, energy saving, gas reduction, intelligent control systems.

Газораспределительные станции (ГРС) представляют собой сложные технологические комплексы, выполняющие критически важную функцию в системе газоснабжения – снижение давления магистрального газа до значений, необходимых для потребителей. В условиях ужесточения требований к энергоэффективности и экологической безопасности, а также в связи с физическим износом оборудования многих станций, вопросы их реконструкции приобретают особую значимость.

Еще одним важным фактором, влияющим на необходимость реконструкции ГРС, является рост потребления газа и изменение его распределения. Со временем требования к пропускной способности станций меняются, а устаревшее оборудование может не справляться с увеличенными нагрузками. Кроме того, использование старых технологий часто приводит к потерям газа, высоким эксплуатационным расходам и увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу.

Современные подходы к модернизации ГРС основаны на нескольких ключевых принципах: цифровизация процессов управления, внедрение энергосберегающих технологий, использование инновационных технических решений и учет экономических факторов. В данной статье проводится детальный анализ литературных исследований, предлагающих различные методы реконструкции газораспределительных станций.

В работе О.Н. Медведевой [1] рассматриваются проблемы, связанные с гидратообразованием при снижении давления газа. Авторы указывают на недостатки традиционных схем с двухступенча-

тым подогревом, включая высокие капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Предлагаемое решение заключается в применении регуляторов давления со встроенными вихревыми теплогенераторами. Это позволяет уменьшить количество теплообменников, сократить площадь теплообмена на 30–60% и снизить затраты на эксплуатацию. В статье представлена разработанная компьютерная программа, позволяющая рассчитывать тепловые параметры модернизированной схемы. Однако, несмотря на экономическую выгоду, остаются вопросы, связанные с надежностью новых регуляторов в долгосрочной перспективе и влиянием вихревых процессов на точность измерения расхода газа.

Исследование К.Ф. Тагировой [2] посвящено внедрению интеллектуальных систем учета и управления на газораспределительной станции. Авторы отмечают ряд проблем существующих систем, таких как необходимость ручного переключения режимов в зависимости от сезона, задержки при внесении параметров и высокий риск ошибок из-за человеческого фактора. В качестве решения предложена система на основе нейросетей и нечеткой логики, которая анализирует данные о техническом состоянии оборудования, точности учета расхода и других параметрах. Используемый гибридный алгоритм позволяет повысить точность измерений на 5–7 %. Тем не менее, в работе не рассматриваются вопросы кибербезопасности и устойчивости системы к пиковым нагрузкам, что может быть критичным для объектов газораспределительной инфраструктуры.

Работа [3] рассматривает пути повышения энергоэффективности ГРС. Исследование охватывает 199 станций, на 150 из которых давление на выходе искусственно снижено. Авторы предлагают установить температуру газа на выходе ГРС на уровне –5 °С вместо –10 °С, внедрить турбодетандеры вместо редукционных клапанов и автоматизировать процесс внесения параметров. Результаты анализа показывают, что предлагаемые меры позволяют снизить расход газа на подогрев, уменьшить выбросы CO_2 и добиться значительной экономии. Однако в работе не описаны возможные последствия пониженной температуры газа для материалов трубопроводов и оборудования в долгосрочной перспективе.

А.М. Щипачев в своем исследовании [4] предлагает инновационный метод нагрева газа с использованием эффекта Гартмана-Шпренгера. Этот физический эффект позволяет нагревать газ без использования дополнительного топлива, достигая температуры до 300 °С, что может повысить эффективность редуцирования природного газа на ГРС. Численное моделирование подтверждает возможность повышения температуры газа на 11 °С при перепаде давления 0,6 МПа. На рисунке 1 представлена схема течения газа внутри заглушенной полости, наглядно иллюстрирующая принцип работы энергоразделяющего устройства резонансного типа.

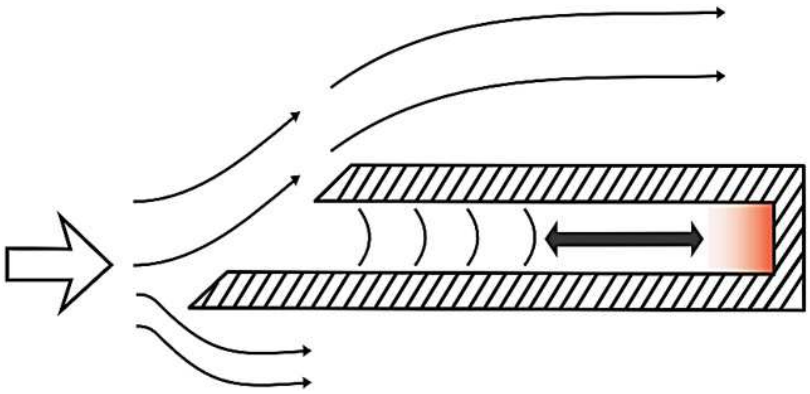

Рисунок 1 – Схема течения газа внутри заглушенной полости [4]

Несмотря на высокую эффективность метода, существуют ограничения, связанные с необходимостью точной настройки резонатора и возможным возникновением шума, что может создавать неудобства при эксплуатации станции вблизи жилых зон.

В работе М. Дейми-Даштебаяза [5] рассмотрена возможность использования энергии потока газа для производства электроэнергии и пресной воды на газораспределительной станции. В данном исследовании были проанализированы три станции различной мощности, и предложены технические решения, включающие замену редукционных клапанов на турбодетандеры и использование тепла уходящих газов для процесса опреснения воды. Согласно расчетам, система может обеспечивать до 3,5 м³ пресной воды в сутки и вырабатывать до 1651 кВт электроэнергии. Экономический анализ показывает, что такие установки окупаются в среднем за 1,6 года. Авторы применили комплексный анализ, включающий оценку энергопотерь, экономической целесообразности и эффективности работы системы. Данный подход демонстрирует перспективность использования подобных технологий на ГРС, однако требует детальной оценки возможных эксплуатационных рисков.

Выводы

Анализ современных исследований в области реконструкции ГРС показывает несколько ключевых направлений развития:

- Внедрение интеллектуальных систем управления для повышения точности учета и автоматизации процессов;
- Использование энергоразделяющих устройств, позволяющих нагревать газ без затрат топлива;
- Совмещение газораспределительных процессов с выработкой электроэнергии и производством пресной воды;
- Снижение выбросов вредных веществ за счет эффективных методов подогрева газа.

Наиболее перспективным направлением является интеграция нескольких решений, таких как интеллектуальные системы управления, технологии безтопливного нагрева и когенерационные установки. В дальнейшем целесообразно разрабатывать стандарты для таких гибридных систем, исследовать их надежность в долгосрочной перспективе и внедрять цифровые модели газораспределительных станций для тестирования новых технологий. Реализация современных методов реконструкции позволит повысить эффективность работы ГРС и снизить их воздействие на окружающую среду.

Список литературы:

1. Медведева О.Н. Технические решения для снижения давления природного газа / О.Н. Медведева, А.С. Поляков, А.В. Кочетков // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2017. – № 53 (7–8). – С. 469–473.
2. Тагирова К.Ф. Интеллектуальная система учета газа для газораспределительной станции / К.Ф. Тагирова, А.М. Вулфин, Г.Г. Уртумбаева // Международная российская конференция по автоматизации. – 2019.
3. Рыбицкий И.В. Повышение эффективности работы газораспределительных станций за счет выбора оптимальных параметров давления и температуры газа на выходе из станции / И.В. Рыбицкий, В.И. Трофимчук, Г.М. Когут // Национальный горный университет Украины. – 2020. – № 3. – С. 47–52.
4. Щипачев А.М . Повышение эффективности редуцирования природного газа на газораспределительных станциях / А.М. Щипачев, А.Е. Белоусов, А.С. Дмитриева // Neftegaz.ru. – 2020.– № 3. – С. 92–96.
5. Дейми-Даштебаяз М. Использование потенциальных потерь энергии на станциях снижения давления газа для производства электроэнергии и пресной воды / М. Дейми-Даштебаяз, Д. Дадпур, Дж. Хадем // Опреснение воды. – 2021. – № 497. – С. 114–763.

List of references:

1. Medvedeva O.N. Technical solutions to reduce natural-gas pressure at gas-distribution stations / O.N. Medvedeva, A.S. Polyakov, A.V. Kochetkov // Chemical and oil and gas engineering. – 2017. – № 53 (7–8). – P. 469–473.
2. Tagirova K.F. Intelligent gas metering system for gas distribution station / K.F. Tagirova, A.M. Wolfin, G.G. Urtumbayeva // International Russian Automation Conference. – 2019.
3. Rybitskiy I.V. Enhancing the efficiency of gas distribution stations operation by selecting the optimal gas pressure and temperature parameters at the station outlet / I.V. Rybitskiy, V.I. Trofimchuk, G.M. Kogut // National Mining University of Ukraine. – 2020. – № 3. – P. 47–52.
4. Schipachev A.M. Improving the efficiency of natural gas reduction at gas distribution stations / A.M. Schipachev, A.E. Belousov, A.S. Dmitrieva // Neftegaz.ru. – 2020. – № 3. – P. 92–96.
5. Deymi-Dashtebayaz M. Using the potential of energy losses in gas pressure reduction stations for producing power and fresh water / M. Deymi-Dashtebayaz, D. Dadpour, J. Khadem // Desalination – 2021. – № 497. – P. 114–763.