

СКРЫТЫЕ РЕЗЕРВЫ ГАЗОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ГАЗОПРОВОДАМ

УДК 622.691.4

М.И. Лукьянчиков, ООО «Газпром газнадзор» (Москва, РФ), lukyanchikov@gaznadzor.gazprom.ru

А.Н. Кузнецов, д.т.н., ООО «Газпром газнадзор», ankuznetsov@gaznadzor.gazprom.ru

А.Р. Галикеев, к.т.н., ООО «Газпром газнадзор» (Уфа, РФ), galikeev@gaznadzor.gazprom.ru

И.М. Камалетдинов, к.т.н., ООО «Газпром газнадзор», kamaletdinov@gaznadzor.gazprom.ru

Н.Х. Хакимова, ООО «Газпром газнадзор», bsu.keig@gaznadzor.gazprom.ru

Энергетическая политика России предусматривает максимально эффективное использование природных ресурсов и потенциала энергетического сектора. В ПАО «Газпром» ежегодно разрабатываются и реализуются организационные и технические мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности транспорта газа. Полномочия по контролю за энергосбережением возложены на ООО «Газпром газнадзор».

Детальное изучение производственных процессов при проведении контрольных мероприятий позволяет выявить потенциал повышения их энергоэффективности. В ходе проверок специалистами ООО «Газпром газнадзор» разрабатываются и предлагаются эксплуатирующим организациям технологические решения, не учтенные при формировании программ энергосбережения. Некоторые из них рассмотрены в данной статье: это изменение точки отбора топливного газа для газоперекачивающих агрегатов в компрессорном цеху (экономический эффект составит 100–200 тыс. м³/г. на каждый цех), очистка газа в компрессорном цеху (экономия 1 % топливного газа) и оптимизация количества и способа очистки фильтров пылеуловителей (экономия – 1031,6 тыс. м³/г.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ТРАНСПОРТ ГАЗА, КОМПРЕССОРНЫЙ ЦЕХ, ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ, ОЧИСТКА, ПОДОГРЕВ.

Вопросы, связанные с энергосбережением в ПАО «Газпром», регламентированы в [1], где предложено порядка 20 энергосберегающих мероприятий, реализуемых при транспортировке газа, 11 – при добыче, 8 – при переработке, 14 – при его подземном хранении и несколько десятков – при других видах деятельности. Планирование этих мероприятий осуществляется путем формирования программы [2], которая переиздается каждые 3 г. Документы [1, 2] распределяют обязанности при проведении работ по энергосбережению, определяют основные направления развития на отдаленную перспективу и планы на ближайшие годы, предусматривают контроль за выполнением энергосберегающих мероприятий в ПАО «Газпром». В соответствии с [3] функции контролирующего

органа возложены на ООО «Газпром газнадзор».

В данной статье приведены примеры скрытых резервов газосбережения, рекомендации по использованию которых были предложены специалистами ООО «Газпром газнадзор» при проверках на газотранспортных предприятиях ПАО «Газпром».

ТОЧКА ОТБОРА ТОПЛИВНОГО ГАЗА ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ В КОМПРЕССОРНОМ ЦЕХУ

Для транспортировки газа ПАО «Газпром» используются 254 компрессорные станции (КС) (рис. 1) с общей мощностью газоперекачивающих агрегатов (ГПА) 47,1 тыс. МВт. Поскольку период эксплуатации компрессорных цехов (КЦ) существенно различается,

каждый объект требует индивидуального подхода.

Строительство КЦ на объектах ООО «Газпром трансгаз Уфа» проходило в период 1979–1982 гг., а их частичная реконструкция и капитальный ремонт технологических трубопроводов – в 2000–2009 гг. В ходе реконструкции были полностью заменены системы подготовки газа КЦ и установлены подогреватели топливного газа.

Схемы разных КЦ отличаются, но всегда имеется четыре точки отбора топливного газа ГПА, которые расположены:

- первая – в узле подключения КС к газопроводу до обводного крана станции ($\approx 5,9$ МПа, 20 °С);
- вторая – после установки очистки газа ($\approx 5,9$ МПа, 20 °С);
- третья – перед установкой охлаждения газа ($\approx 7,1$ МПа, 40 °С);

M.I. Lukyanchikov, Gazprom gaznadzor LLC (Moscow, the Russian Federation),

lukyanchikov@gaznadzor.gazprom.ru

A.N. Kuznetsov, PhD in engineering, Gazprom gaznadzor LLC, ankuznetsov@gaznadzor.gazprom.ru

A.R. Galikeev, PhD in engineering, Gazprom gaznadzor LLC (Ufa, the Russian Federation),

galikeev@gaznadzor.gazprom.ru

I.M. Kamaletdinov, PhD in engineering, Gazprom gaznadzor LLC, kamaletdinov@gaznadzor.gazprom.ru

N.Kh. Khakimova, Gazprom gaznadzor LLC, bsu.keig@gaznadzor.gazprom.ru

Hidden reserves of gas saving in natural gas transportation through main gas pipelines

Russian energy strategy involves the most efficient use of natural energy resources and the energy sector potential.

PJSC Gazprom develops and implements annual organizational and technical activities aimed at improving the energy efficiency of gas transport. The authority to control energy saving is Gazprom gaznadzor LLC.

A detailed study of production processes during the control activities makes it possible to identify the potential for their energy efficiency improvement. Within the inspections, experts of Gazprom gaznadzor LLC develop and propose some technical solutions that have not been considered by the operating organizations when creating their energy efficiency programs. The article provides some of those solutions: altering the fuel gas sampling point for gas pumping units in the compressor yard (economic benefit would be 100,000–200,000 m³/year for one yard), gas purification in the compressor yard (1 % of fuel gas saved), and optimization of the number of dust collector filters in operation and their cleaning method (1,031,600 m³/year saved).

KEYWORDS: ENERGY SAVING, GAS TRANSPORT, COMPRESSOR YARD, GAS DISTRIBUTION STATION, PURIFICATION, CLEANING, HEATING.

– четвертая – в узле подключения КС к газопроводу после обводного крана КС (≈ 7,1 МПа, 35 °С).

Параметры топливного газа для установленных ГПА должны быть следующими: избыточное давление 2,7 МПа, температура не менее 25 °С. В связи с этим при отсутствии подогревателей топливный газ отбирали в третьей точке, поскольку его температура на 20 °С выше температуры некомпримированного газа. Вследствие отсутствия соответствующих предписаний в нормативных документах, после реконструкции ситуация не изменилась.

На первый взгляд может показаться, что таким образом осуществляется экономия газа в подогревателях, и с точки зрения эксплуатирующей организации выбор вполне логичен. Однако в 2010 г. специалистами Башкирского управления ООО «Газпром газнадзор» были проведены следующие расчеты.

Расход топливного газа растет пропорционально объему перекачиваемого газа [4]. Следовательно, перерасход в результате отбора топливного газа после сжатия в ГПА B_1 составляет:



Рис. 1. Схема компрессорной станции
Fig. 1. Compressor station layout

$$B_1 = G_{тр} \cdot \frac{G_{тр}}{Q}, \quad (1)$$

где $G_{тр}$ – расход топливного газа; Q – объем перекачиваемого газа.

При отборе газа до сжатия в ГПА его температуру необходимо повысить, объем газа на подогревание B_2 равен:

$$B_2 = \frac{G_{тр} \cdot c_{pm} \cdot \Delta t}{Q_H^p \cdot \eta}, \quad (2)$$

где c_{pm} – теплотворная способность газа; Δt – температура подогрева топливного газа; Q_H^p – низшая теплотворная способность газа; η – коэффициент полезного действия (КПД) подогревателей газа. При расчетах были приняты следующие значения: КПД установленных подогревателей 80–85 %, котлов – 92 %; теплоемкость газа 1,55 кДж/(м³·К); минимальная теплотворная способность газа 33,526 МДж/м³.

Ожидаемую экономию от реализации предложения ΔB_r можно оценить по соотношению:

$$\Delta B_r = B_1 - B_2. \quad (3)$$

При расчетах учитывали, что понижение давления компримированного газа (с 7,1 до 2,7 МПа) приводит к большему снижению температуры, чем в случае некомпримированного (с 5,9 до 2,7 МПа), в среднем на величину 5 °С согласно номограмме интегрального дроссель-эффекта метана [5].

В результате расчетов выяснилось, что отбор газа с входа в КЦ после

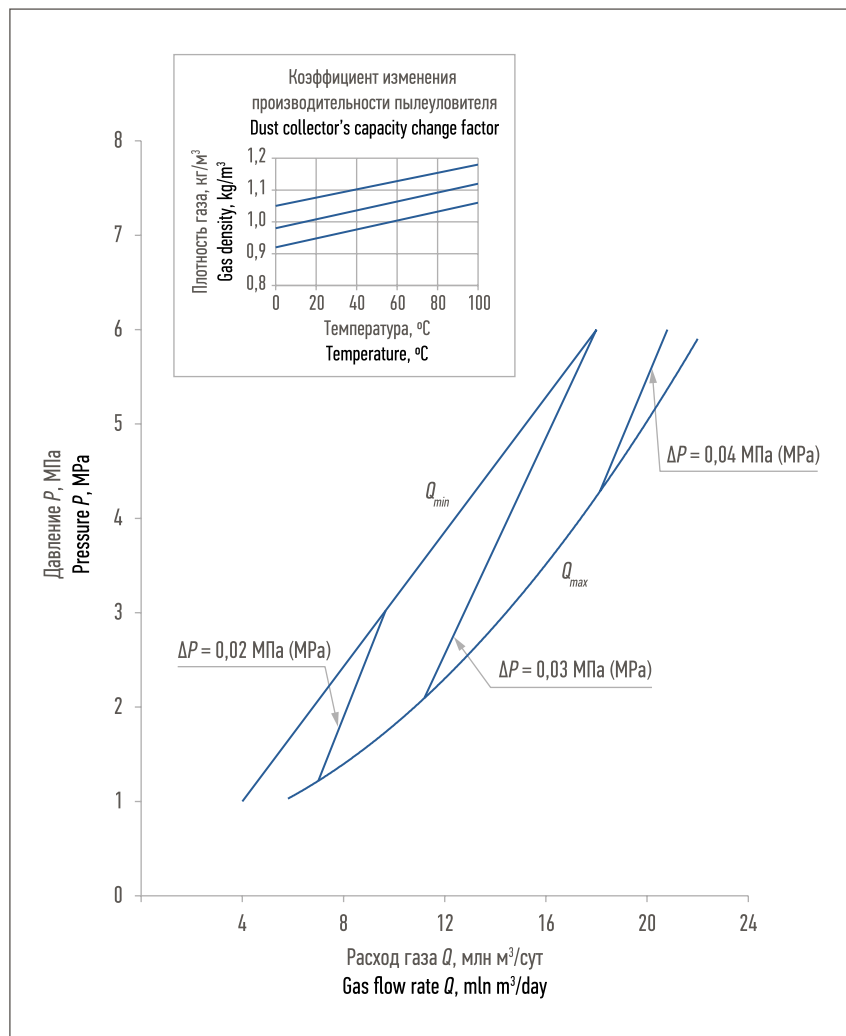


Рис. 2. Характеристика циклонного пылеуловителя «ГП-144»
Fig. 2. Characteristics of GP-144 cyclone dust collector

установок очистки ежегодно позволяет экономить 100–200 тыс. м³ газа в каждом КЦ.

Рекомендация по изменению точки отбора была направлена техническому руководству ООО «Газпром трансгаз Уфа» и выдана эксплуатирующему филиалу. Ее реализация в течение последних нескольких лет позволяет экономить газ в объеме порядка 1 млн м³/г.

ОЧИСТКА ГАЗА В КЦ

В процессе транспортировки по магистральным газопроводам в природный газ попадают влага, масла и различные механические частицы, которые могут повредить нагнетатели ГПА. Поэтому при поступлении в КЦ (рис. 1) газ проходит систему очистки.

В ПАО «Газпром» системы очистки стандартизированы и состоят из циклонных пылеуловителей типа «ГП-144» или «ГП-628», принцип действия которых заключается в использовании инерционных сил для улавливания взвешенных частиц. Эффективность очистки зависит от количества пылеуловителей и ограничена заданным диапазоном скорости потока газа, который определяют с помощью диаграмм производительности (рис. 2).

Согласно диаграмме качество очистки зависит от плотности, давления, температуры и расхода газа, и определить оптимальный диапазон на первый взгляд не сложно. Для измерения температуры и давления на пылеуловителях

установлены соответствующие приборы, плотность газа определяется путем анализа регулярно отбираемых проб. Однако его расход по приведенным характеристикам нагнетателя можно оценить с большой погрешностью вследствие отсутствия в КЦ узлов учета транспортируемого газа и ввиду наличия межцеховых перемычек. Потенциально это может привести к низкому качеству очистки газа (в случае фактической величины расхода ниже Q_{min}) или увеличению потерь давления в пылеуловителях и перерасходу топливного газа ГПА (в случае фактической величины расхода выше Q_{max}).

Специалистами ООО «Газпром газнадзор» было предложено простое и эффективное решение данного вопроса – контроль за уровнем перепада давления в пылеуловителях. В [6, разд. 7.5] регламентируется обязательное наличие датчиков перепада давления на установках очистки газа КЦ и регулярный контроль их показаний.

Для «ГП-144» (рис. 2) при стандартном давлении на входе КЦ перепад давления в пылеуловителях должен составлять 30–45 кПа (рис. 2).

Эффект от оптимизации количества пылеуловителей в одном КЦ можно оценить следующим способом. Предположим, что вместо пяти аппаратов в работе находится четыре. Поскольку потери давления в пылеуловителях пропорциональны квадрату скорости, их непроизводительный рост $\Delta P_{непр}$ описывается соотношением:

$$\Delta P_{непр} = \Delta P_{пу} \cdot \left[\left(\frac{5}{4} \right)^2 - 1 \right], \quad (4)$$

где $\Delta P_{пу}$ – падение давления в системе очистки газа при правильном подборе количества пылеуловителей. Величина $\Delta P_{пу}$ равна 35 кПа, соответственно, $\Delta P_{непр}$ составит 20 кПа.

Перерасход топливного газа КЦ $\Delta Q_{тр}$ можно рассчитать по аналогии с политропной работой сжатия [4]:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = Q_{\text{тр}} \frac{\left(\frac{P_2 + \Delta P_{\text{непр}}}{P_1} \right)^{0,3} - 1}{\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0,3} - 1}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{тр}}$ – расход топливного газа КЦ; P_1, P_2 – давление на входе и выходе из КЦ соответственно.

При условиях, что КЦ повышает давление газа в среднем с 5,5 до 7,2 МПа, а расход топливного газа в КЦ составляет 70 млн м³/г., перерасходуется порядка 0,739 млн м³/г. (1 %).

Наличие работоспособных систем мониторинга давления и своевременный контроль величины его перепада позволят избежать лишних затрат.

ОЧИСТКА ГАЗА НА КРУПНЫХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Газораспределительные станции (ГРС) оборудуются фильтрами и пылеуловителями для предотвращения попадания жидких фракций, которые выделяются в результате ремонтных работ на линейной части магистральных газопроводов,

а также при значительном изменении давления на ГРС (снижение с 5,9–7,4 до 0,3–1,2 МПа).

На ГРС, предназначенных для снабжения газом крупных городов и заводов, установлены пылеуловители в количестве 3–6 ед. Их принцип действия основан на центробежном эффекте, а качество очистки зависит от расхода газа. В целях предотвращения накопления пыли и конденсата пылеуловители и фильтры периодически продувают в течение 5–30 с потоком газа в обратном направлении со срабатыванием на свечу. Расход на продувку определен в [7], его объем зависит от давления и температуры, диаметра и длины продувочной линии. На один пылеуловитель в среднем ежедневно тратится 60 м³.

Поскольку функция ГРС заключается в понижении, а не повышении давления, его большой перепад в пылеуловителях не снижает эффективность работы (в отличие от КЦ). С учетом этого в 2012–2014 гг. при плановых проверках специалистами ООО «Газпром газ-

надзор» были даны рекомендации эксплуатирующим лицам по оптимизации количества фильтров, находящихся в работе. Также предписано не продувать резервные фильтры, что позволило не тратить газ на неоправданную продувку десятков пылеуловителей. С 2014 г. данное мероприятие внесено в [8] и позволяет достичь экономии газа 1031,6 тыс. м³/г.

ВЫВОДЫ

Статья подготовлена в рамках развития концепции энергосбережения и повышения энергетической эффективности основных и вспомогательных производственных процессов, поскольку на сегодняшний день вопросы энергосбережения слабо отражены в нормативных документах и возможности оптимизации не привлекают должного внимания эксплуатационного персонала. Опыт работы специалистов ООО «Газпром газнадзор» позволяет выявить скрытые резервы экономии даже в случае стандартных производственных процессов. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. ОАО «Газпром». Концепция энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Газпром» на период 2011–2020 гг. (утв. приказом ОАО «Газпром» № 364 от 28.12.2010) [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
2. ПАО «Газпром». Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Газпром» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
3. ОАО «Газпром». Приказ № 77 от 09.10.2000. Об организации работ по энергосбережению в ОАО «Газпром» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
4. ООО «ВНИИГАЗ». РД 153–39.0–112–2001. Методика определения норм расхода и нормативной потребности в природном газе на собственные технологические нужды магистрального транспорта газа (утв. приказом Министерства энергетики Российской Федерации № 373 от 26.12.2001) [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
5. Требин Ф.Л., Макогон Ю.Ф., Басниев К.С. Добыча природного газа. М.: Недра, 1976.
6. ОАО «Газпром». СТО 2–3.5–454–2010. Правила эксплуатации магистральных газопроводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
7. ПАО «Газпром». СТО 3.3–2–044–2016. Система норм и нормативов расхода ресурсов, использования оборудования и формирования производственных запасов ПАО «Газпром». Методика нормирования расхода природного газа на собственные технологические нужды и технологические потери магистрального транспорта газа [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.
8. ООО «Газпром трансгаз Уфа». План мероприятий по энергосбережению ООО «Газпром трансгаз Уфа» [Электронный ресурс]. Режим доступа: ограниченный.

REFERENCES

- (1) OAO Gazprom. *Concept of energy saving and enhancing the energy efficiency of OAO Gazprom for the period 2011–2020 (approved by OAO Gazprom order of December 28, 2010, No. 364)*. [Access restricted]. (In Russian)
- (2) PJSC Gazprom. *Program for energy saving and enhancing the energy efficiency of PJSC Gazprom*. [Access restricted]. (In Russian)
- (3) OAO Gazprom. *Order of October 9, 2000, No. 77. On organizing the energy saving activities in OAO Gazprom*. [Access restricted]. (In Russian)
- (4) VNIIGAZ LLC. *RD 153–39.0–112–2001. Method for determination of gas consumption rate and the amount of natural gas for own process-related needs of trunk gas transport (approved by order of Ministry of Energy of the Russian Federation of December 26, 2001, No. 373)*. [Access restricted]. (In Russian)
- (5) Trebin FL, Makogon YuF, Basniev KS. *Natural Gas Production*. Moscow: Nedra; 1976. (In Russian)
- (6) OAO Gazprom. *Company standard STO 2–3.5–454–2010. Operation practices for main gas pipelines*. [Access restricted]. (In Russian)
- (7) PJSC Gazprom. *Company standard STO 3.3–2–044–2016. System of codes and regulations on resource consumption, equipment utilization, and creating the stores of PJSC Gazprom. Rate setting procedure for natural gas for own needs and process-related losses of trunk gas transport*. [Access restricted]. (In Russian)
- (8) Gazprom transgaz Ufa LLC. *Energy saving activities plan of Gazprom transgaz Ufa LLC*. [Access restricted]. (In Russian)