

УДК 622.691.4.052.012

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДНЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ*

Васильев Б.Ю.

*Национальный минерально-сырьевой университета «Горный»,
г. Санкт-Петербург, e-mail: vasilev.bu@mail.ru*

***Аннотация.** Рассмотрены структура и особенности газотранспортной системы и парка газоперекачивающих агрегатов. Приведены технические решения современных регулируемых электроприводных газоперекачивающих агрегатов. Произведен расчет и анализ показателей энергетической эффективности газоперекачивающих агрегатов с различными видами приводов и компрессорных станций.*

***Ключевые слова:** газотранспортная система, электроприводной газоперекачивающий агрегат, энергоэффективность, ресурсосбережение, техническое решение*

Введение

Российская Федерация в мировой системе оборота энергоресурсов занимает одно из ведущих мест, и особенно значимы позиции страны на мировом рынке углеводородов. Россия занимает первое место в мире по запасам природного газа (23 % мировых запасов) и по объемам его ежегодной добычи, обеспечивая 25 % мировой торговли этим энергоносителем. Так, например, на российский природный газ приходится около 30 % в общем объеме потребления газа в странах Европы. В процессе становления и развития газовой промышленности в России сложилась уникальная газотранспортная система (ГТС), которая играет одну из основополагающих ролей в надежном и бесперебойном газоснабжении и газораспределении, обеспечивает энергетическую безопасность многих стран, что является фундаментом для устойчивого роста экономики, как самой России, так и стран-импортеров российского природного газа [1].

Важнейшими направлениями развития ГТС являются повышение ее энергоэффективности, энергосбережения и экологичности. Для этого в [1] выделены следующие основные направления: реконструкция газотранспортных объектов и системная организация технологических режимов работы магистральных газопроводов; сокращение потерь газа; внедрение автоматизированных систем управления и телемеханики; улучшение технического состояния газоперекачивающих агрегатов (ГПА); расширение использования регулируемых электроприводных газоперекачивающих агрегатов (ЭГПА).

* Данные разработки проводятся в рамках федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 по теме «Энергоэффективность и энергосбережение объектов магистрального газопровода».

Сегодня ГТС содержит свыше 160 000 км газопроводов, около 260 компрессорных станций (КС), на которых эксплуатируются более 4000 ГПА, суммарной мощностью более 40 млн. кВт. ГТС России обеспечивает транспортировку более 570 млрд. м³ в год природного газа от месторождений к потребителям как внутри страны, так и за рубежом [2].

В составе парка ГПА около 86% из них имеют газотурбинный привод (ГТП). Около 90% всех ГПА с ГТП морально и физически устарели. Усредненный коэффициент полезного действия (КПД) ГТС составляет около 20-25%. Дальнейшее использование таких агрегатов приводит к существенному повышению эксплуатационных затрат в связи с необходимостью обеспечения жизненного цикла ГПА за пределами расчетного ресурса их работы. Так, эксплуатация ГПА приводит к перерасходу природного газа на собственные нужды, а простой агрегатов в ремонте приводит к прямым потерям за счет недопоставок газа потребителям. На собственные нужды (95% из которых топливный газ) тратится около 10% перекачиваемого ГПА с ГТП природного газа, а по отдельным агрегатам эта величина может достигать 15-20%. Также это приводит к снижению надежности ГТС и ее экологичности. Все эти негативные тенденции приводят к снижению энергетической и экологической безопасности России и стран-потребителей российского природного газа.

Современная ГТС России содержит парк ЭГПА, доля которых во всем парке ГПА около 14%. В электроприводе ГПА, как правило, используются синхронные двигатели большой мощности. Более 70% парка ЭГПА имеет срок службы около 20 лет, а отдельные 30-40 лет. Практически все элементы ЭГПА (синхронные двигатели, возбуждители, щиты) выработали свой ресурс. Большинство ЭГПА не имеют возможности регулирования скорости (нерегулируемые). Характерной чертой для некоторых газопроводов является работа в режиме падающей газоподдачи и газопотребления. Это приводит к изменению режимов и энергетических свойств ЭГПА, которое, в конечном счете, выражается в повышенном энергопотреблении.

Основные преимущества современных регулируемых ЭГПА, заключаются в следующем: низкие капитальные вложения при строительстве новых и реконструкции старых КС и эксплуатационные затраты в процессе работы; высокие энергетические (КПД, коэффициента мощности) и регулировочные характеристики электропривода; простота конструкции (относительно агрегатов с газотурбинным приводом), высокая надежность работы при своевременном техническом обслуживании, длительный моторесурс и ремонтпригодность; высокая степень автоматизации производства, возможность оперативной диагностики всех силовых электрических элементов и электродвигателя, а также возможность прогнозирования остаточного ресурса; исключение сжигания природного газа при его транспортировке и экологичности.

Достижения в области силовой электроники, микропроцессорной техники и машиностроения, позволяют создавать высокоэффективные быстроходные электроприводы ГПА. Все эти преимущества ЭГПА формируют предпосылки для устойчивого роста их числа в ГТС. Единственным сдерживающим фактором более широкого и интенсивного внедрения ЭГПА в ГТС России являются тарифные перекосы цен на природный газ и электроэнергию, а также «мягкое» экологическое законодательство.

Технические решения современных ЭГПА

Зарубежные и отечественные производители в настоящее время освоили производство высокотехнологичных ЭГПА с использованием двух компоновочных схем [3]: с использованием выносного компрессора и электропривода в виде автономного агрегата; с использованием капсулированной компоновки, при которой ЭГПА создается в виде герметичного мехатронного комплекса, в корпусе которого размещен электропривод с магнитным подвесом и турбокомпрессора с сухими газовыми уплотнениями.

Последний вариант компоновки является безальтернативным для агрегатов подводных компрессорных станций морских газопроводов. Разработкой технических решений направленных на повышение эффективности и надежности подводных ЭГПА с использованием новейших достижений машиностроения, силовой электроники, энергетики и микропроцессорной техники занимаются ученые и сотрудники кафедры Электротехники, электроэнергетики, электромеханики Национального минерально-сырьевого университета «Горный». Данные разработки проводятся в рамках федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 по теме «Энергоэффективность и энергосбережение объектов магистрального газопровода».

Основными концепциями ЭГПА зарубежного производства являются HOFIM (high speed-oil free compression system – высокоскоростной безмасляный компрессионный агрегат) – представлен на рис. 1а, б и MOPICO (motor pipeline compressor – газоперекачивающий компрессор с электродвигателем) представлен на рис. 1в. ЭГПА этих конструкций предназначены для транспортировки природного газа с различными включениями (воды, газового конденсата, нефти и др.). В корпусе агрегата расположен высокоскоростной электродвигатель и компрессоры, которые имеют единый вал. Таким образом, привод и рабочий орган сочленены без редукторов и муфтовых соединений. Вал агрегата опирается на магнитные подшипники.

В агрегате конструкции HOFIM патрубки трубопроводов подводят и отводят транспортируемый природный газ в радиальном направлении от компрессоров. Отличительной особенностью HOFIM является то, что один электродвигатель может являться двигателем одного (рис. 1б) или двух компрессоров (рис. 1а), при этом они расположены по обе стороны от электропривода.

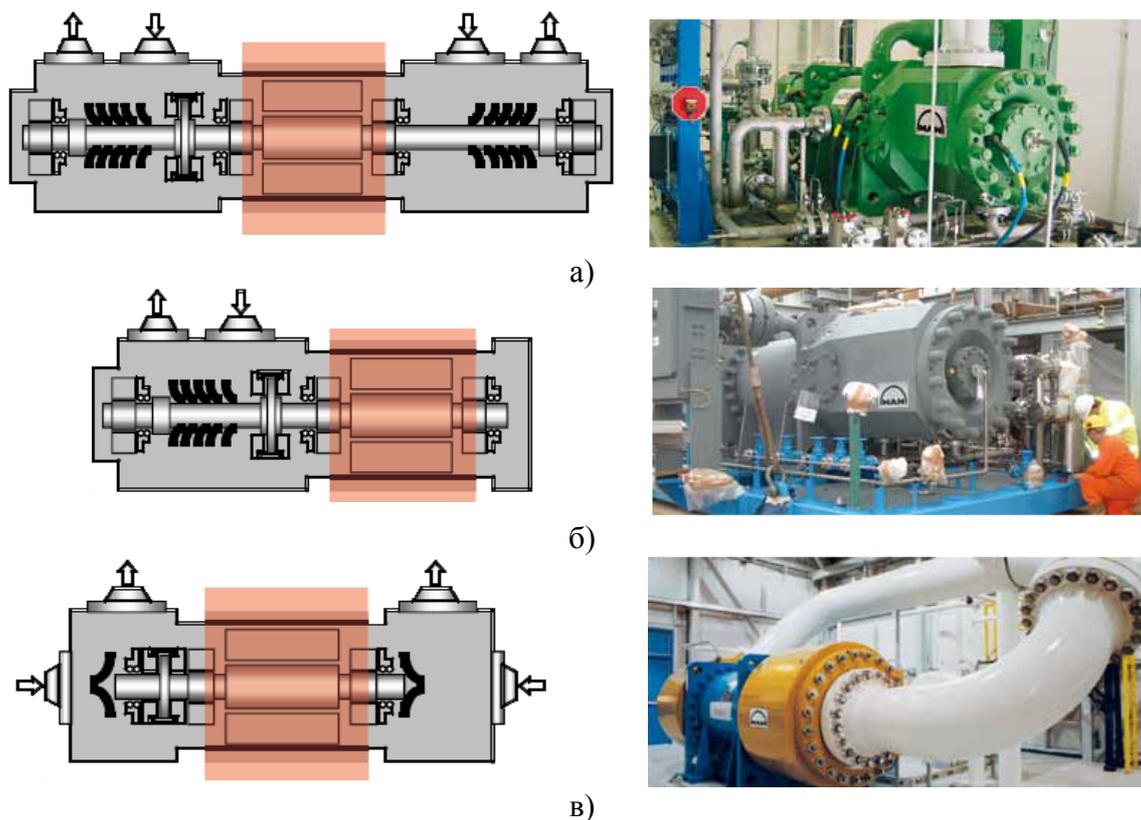


Рис. 1. Электроприводные газоперекачивающие агрегаты

Входные патрубки агрегата конструкции MORISO подводят природный газ низкого давления в осевом направлении по отношению к компрессору, как это показано на рис. 1в. Выходные патрубки отводят газ с повышенным давлением в радиальном направлении от компрессора.

Эффективность использования газоперекачивающих агрегатов с электроприводом

Рассмотрим эффективность ЭГПА на примере КС компании Statoil в городе Берген и техническое решение, реализованное на КС Портовая ОАО «Газпром» в городе Выборг.

Компрессорная станция в городе Бергене обеспечивает компремирование и дальнейшую транспортировку природного газа потребителям с месторождения Тролл. На КС установлены шесть ЭГПА, в которых используются высоковольтные регулируемые электропривода фирмы АВВ. Мощность каждого электропривода 60 МВт. Станция Портовая является крайней континентальной станцией газопровода Северный Поток и одной из самых современных в России. В качестве привода ГПА используются шесть газотурбинных установок, произведенных компанией Rolls-Royce. Сравнительная оценка технических характеристик КС Портовая в городе Выборг и КС в городе Берген приведена в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение технических характеристик ГПА и КС

Наименование параметра	г. Берген, Норвегия	г. Выборг, Россия
Тип провода	электрический	газотурбинный
Количество/единичная мощность, шт./МВт	6/60	6/56 (2/26)
Суммарная установленная мощность, МВт	360	388
КПД привода ГПА, %	97	42
Диапазон регулирования	50-105	65-100
Расход энергоносителей: – электроэнергии, кВт·ч – топливный газ, кг/ч	45000 отсутст.	отсутст. ≈10000
Наличие маслохозяйства для ГПА	отсутст.	есть
Выбросы вредных веществ, кг/ч	отсутст.	≈22

Анализ табл. 1 показывает превосходство ЭГПА по всем техническим характеристикам. Так, электропривод обладает более высоким КПД и более широким диапазоном регулирования частоты вращения, чем газотурбинный. При использовании электропривода нет необходимости содержать маслохозяйство и отсутствуют выбросы вредных веществ в атмосферу, что обеспечивает высокую надежность и экологическую безопасность ГТС.

Для оценки эффективности расходования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) ГПА и КС используется СТО Газпром 2-3.5-113-2007 «Методика оценки энергоэффективности газотранспортных объектов и систем». Расчетный период показателей эффективности один год. Результаты расчета показателей эффективности ГПА на станциях Портовая «Газпром» и Statoil в Бергене представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение показателей эффективности ГПА и КС

Показатель эффективности	г.Берген, Норвегия	г.Выборг, Россия
Газоперекачивающие агрегаты		
КПД ГПА, %	83	35
Удельный расход ТЭР ГПА	1,2 кВт·ч/ кВт·ч	0,3 м ³ /кВт·ч
Показатель локальной энергоэффективности КС		
Удельный расход ТЭР КС, кг·у.т./кВт·ч	2,56	4,39
Показатель системной энергоэффективности КС		
Удельный показатель расхода ТЭР КС, кг·у.т./млн. м ³ ·км	43,8	57,9

По результатам расчета видно, что КПД агрегатов с электроприводом в Норвегии выше, чем у ГПА с газотурбинной установкой более чем в два раза. Удельный расход ТЭР КС с электроприводными агрегатами в Норвегии 2,56 кг·у.т./кВт·ч, что на 42 % меньше, по сравнению с КС Портовая, в которой аналогичный показатель

равен 4,39 кг·у.т./кВт·ч. Удельный показатель эффективности расхода ТЭР на КС Портовая (57,9) превышает аналогичный показатель КС в Норвегии (43,8) на 24%. Это свидетельствует о высокой энергетической эффективности электроприводных ГПА, используемых в Норвегии.

Также, можно сделать вывод о том, что при использовании ЭГПА на КС Портовая экономия энергоресурсов составит около 1,83 кг·у.т./кВт·ч. Эта экономия, прежде всего, выражается в сбережении 10÷12% всего транспортируемого через КС Портовая природного газа, который используется для сжигания в газотурбинном приводе ГПА. Если принять, что стоимость российского природного газа в Германии в 2013 составит 300 долл./тыс.м³, то при реализации высвобожденных 0,8 млрд.м³ возможная выручка может составить примерно 240 млн. долл. в год [2].

Выводы

1. Современные технические решения, используемые в ГПА с электроприводом, позволяют создавать высокоэффективные, надежные и безопасные агрегаты, как в экологическом, так и техническом плане. Регулируемый электрический привод таких агрегатов может являться двигателем одного или двух нагнетателей, работающих в различных нитках трубопроводов. Одним из перспективных типов ЭГПА являются герметичные подводные агрегаты, использование которых при разработке морских месторождений, позволит транспортировать природный газ без использования транспортных судов по средствам подводных трубопроводов.

2. Использование ГПА с регулируемым электроприводом на КС обеспечивает высокий уровень ресурсосбережения, за счет эффективного использования в качестве энергоносителя электричества, взамен природного газа. Также исключается негативное влияние продуктов сгорания природного газа (выхлопных газов газотурбинного привода ГПА) на окружающую среду.

3. Использование регулируемого электропривода ГПА на новых КС в России, например в городе Выборге на станции «Портовая», позволит снизить удельный расход ТЭР до уровня 0,3 м³/кВт·ч. Повысит показатель локальной и системной энергоэффективности КС «Портовая», что в конечном счете, обеспечит сбережение природного газа в 2013 году в объеме 0,8 млрд.м³, а возможная выручка может составить примерно 240 млн.долл. в год.

Литература

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. №1715-р // Проекты – Энергетическая стратегия России. Москва: Институт энергетической стратегии, 2009. URL: <http://www.energystrategy.ru/projects/es-2030.htm> (дата обращения: 24.07.2012)

2. Пужайло А.Ф. Энергоснабжение и автоматизация энергооборудования компрессорных станций. Т. 2. // Под ред. О.В. Крюкова. Н-Новгород: Вектор ТиС, 2011. 664 с.

3. Костенко Д.А., Парафейник В.П., Смирнов А.В. Вопросы реконструкции компрессорных станций Украины // Компрессорное и энергетическое машиностроение. 2009. № 4 (18). С. 8 - 13.

THE STUDY OF EFFICIENCY OF MODERN ELECTRIC DRIVE GAS PUMPING UNITS

B.Yu. Vasiliev

*National mineral resources university, Saint Petersburg, Russia
e-mail: vasilev.bu@mail.ru*

Abstract. *The structure and the special features of the gas transportation system and park of gas pumping units are watched. The technical solutions of modern of controlled electric drive gas pumping units are shown. Calculation and analysis of energy efficiency of gas pumping units with different types drives and compressor stations are made.*

Keywords: *gas transmission system, electric drive gas pumping unit, energy efficiency, resource conservation, technical solution*

References

1. Energy Strategy of Russia for the period up to 2030 (ES-2030). Approved by decree N1715-r of the Government of the Russian Federation on 13 November 2009. URL: [http://www.energystrategy.ru/projects/docs/ES-2030_\(Eng\).pdf](http://www.energystrategy.ru/projects/docs/ES-2030_(Eng).pdf)
2. Puzhailo A.F. Energosnabzhenie i avtomatizatsiya energooborudovaniya kompressornykh stantsii (Power supply and energy equipment automation for compressor stations). Vol. 2. Ed.: O.V. Kryukov. N-Novgorod, Vektor TiS., 2011. 664 p.
3. Kostenko D.A., Parafeinik V.P., Smirnov A.V. Voprosy rekonstruktsii kompressornykh stantsii Ukrainy (The reconstruction of compressor stations in Ukraine), *Kompressornoe i energeticheskoe mashinostroenie*, 2009, Issue 4 (18), pp. 8-13.