

---

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ  
ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ**

---

Наиболее энергоэффективный режим эксплуатации магистральных газопроводов (МГ) определяется максимальным использованием их пропускной способности (газоперекачки) при минимальных энергозатратах на компримирование, охлаждение и транспортировку [1-3]. В значительной степени этот режим обусловлен работой компрессорных станций (КС) и характеризуется неравномерностью подачи и потребления газа в течение года, месяца, суток, несмотря на наличие сети подземных газохранилищ и разветвленной структуры газотранспортных систем Единой системы газоснабжения.

Уменьшение затрат мощности КС на перекачку газа, увеличение пропускной способности газопровода и экономия энергоресурсов зависит от стабилизации максимального расчетного давления газа в трубопроводе, снижения температуры перекачиваемого газа за счет его охлаждения, использования газопроводов большего диаметра с очисткой внутренней полости трубопровода.

Газоперекачивающие агрегаты (ГПА) КС являются главными технологическими установками и центральными управляющими элементами КС, обеспечивая реализацию оптимальных режимов бесперебойного транспорта газа. Это обусловлено тем, что, во-первых, от технических характеристик ГПА зависят возможности всех МГ ОАО «Газпром» и оптимизации технологического процесса. Во-вторых, функциональные и регулировочные особенности ГПА являются фактически единственным каналом воздействия на параметры транспортируемого газа в условиях многопараметрических изменений внешних воздействий детерминированного (графики газоподдачи и их параметры) и стохастического характера (колебаний объемов газопотребления, температуры и других параметров окружающей среды) [3,4].

Исторически развитие ГПА всегда было связано с совершенствованием трубопроводного оборудования, технологий компримирования, применения нового приводного оборудования и принципов управления. В настоящее время на предприятиях ОАО «Газпром» и зарубежных топливно-энергетических комплексах эксплуатируются все известные типы ГПА, разработанные по стандартным проектам.

Несмотря на все многообразие типоразмеров ГПА различных фирм-изготовителей, вид привода нагнетателей КС и их мощность в основном определяются пропускной способностью газопровода. Для МГ с большой пропускной способностью наиболее эффективное применение находят центробежные нагнетатели с приводом от газотурбинных установок или электродвигателей. К настоящему времени в ОАО «Газпром» России общая доля газотурбинных приводов составляет 85,3%, а электроприводных – 14,1 %. В развитых странах запада, согласно статистике, использование газотурбинных и электрических приводов к центробежным нагнетателям осуществляется в равных долях на основании требований, предъявляемых к конкретным КС.

Как правило, каждый из современных приводных агрегатов турбокомпрессоров – уникальная система по мощности (до 100 МВт), стоимости, набору вспомогательных устройств и функциональным возможностям. Поэтому надежная и безаварийная работа всех агрегатов является главным фактором экономичности и стабильности поставок газа в рамках МГ России. В настоящее время в 706 цехах, входящих в состав 263 КС, в эксплуатации находится более 4000 ГПА суммарной мощностью 44 млн. кВт.

Анализ показателей, характеризующих работу магистральных газопроводов сегодня, говорит о значительном износе, снижении технического состояния и производительности основных агрегатов КС. Средний возраст газопроводов и технологического оборудования составляет около 20 лет, большая часть которых (около 80 %) имеет возраст от 15 до 40 лет, что превышает установленные нормативные показатели.

Системы электроснабжения и электроприводные ГПА (ЭГПА) нового поколения призваны обеспечить высокий уровень эксплуатационных показателей, включая энергетические и пускорегулировочные характеристики, высокую надежность, безаварийность и живучесть основных агрегатов. С этой целью для удовлетворения потребностей вновь строящихся и модернизируемых ЭГПА разработаны современные промышленные системы ЭГПА отечественного и зарубежного производства.

Вместе с тем, даже в этих вариантах ЭГПА не решен комплекс актуальных проблем реализации теоретических разработок, обеспечивающих надежное и оптимальное функционирование ЭГПА в условиях КС [4,5]. Их можно условно выделить в две группы факторов энергоэффективности:

- Внедрение новой техники:

1. Устройств плавного гарантированного запуска мощного электродвигателя под нагрузкой или из «горячего» состояния в режимах скалярного, векторного частотного или квазичастотного формирования пусковых диаграмм токов, момента и скорости вращения.

2. Преобразователей частоты с инвариантным автоматическим регулированием скорости высоковольтного электродвигателя ЭГПА для стабилизации оптимального давления газа на выходе из КС в условиях действия внешних возмущений технологического и климатического характера.

3. Средства обеспечения стабильного и устойчивого функционирования приводного синхронного электродвигателя ЭГПА во всех режимах работы КЦ путем оперативного контроля угла нагрузки машины с помощью бездатчиковой САР возбуждения на базе цифровых тиристорных возбудителей с векторным управлением.

4. Системы электромагнитного подвешивания валов и роторов высокоскоростных двигателей и нагнетателей в едином конструктивном исполнении для реализации безмасляных и безредукторных технологий с охлаждением статорных обмоток перекачиваемым газом.

5. Программно-аппаратный комплекс встроенной системы оперативного мониторинга и прогнозирования технического состояния ЭГПА с применением технических средств интеллектуальных датчиков, нейроконтроллеров и алгоритмов *Fuzzy*-логики и перспективной переходом к принципам технического обслуживания и ремонтов по фактическому состоянию оборудования.

6. Средства обеспечения электромеханической и электромагнитной совместимости приводных электродвигателей с нагнетателями и питающей сетью при групповой взаимосвязанной работе ЭГПА в рамках КЦ на одну магистраль и адаптации к внедрению сменных проточных частей компрессоров.

7. Реконструкция систем электроснабжения с применением современного высоковольтного электрооборудования ЗРУ-10кВ и модернизации работы релейной защиты и автоматики (РЗА) на основе современных микропроцессорных устройств и релюзеров, а также использования новых энергоэффективных источников альтернативной энергетики.

- **Внедрение новых технологий** [5-7]:

1. Реализация новых методик расчета оптимальных параметров давления, температуры и расхода газа новых и модернизируемых ЭГПА для анализа реальной работы центробежных нагнетателей как объекта автоматизированного электропривода.

2. Согласование рабочих параметров на оптимальных значениях всех основных и вспомогательных технологических агрегатов КС (нагнетателей, аппаратов воздушного охлаждения газа, масла и т.п.) с целью минимизации энергопотребления в рамках каждой КС.

3. Согласование режимов работы соседних по МГ компрессорных цехов с целью оптимизации энергопотребления в рамках линейных производственных участков и газотранспортных предприятий в целом при различных параметрах газоподдачи и газопотребления.

4. Переход к малолюдным и безлюдным технологиям эксплуатации компрессорных цехов и линейных потребителей с обеспечением удобства обслуживания и комфортных условий операторам и вахтовому персоналу КС путем реализации автоматизированных интеллектуальных систем оперативно-диспетчерского управления, систем контроля принятия решений и повышения надежности и долговечности оборудования.

5. Снижение экологической нагрузки на природу путем уменьшения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в окружающую среду, отработанных масел, снижения шумовых и вибрационных характеристик традиционно используемого оборудования.

Все отмеченные выше факторы при их системной реализации в рамках КС и линейных производственных участков значительно повышают технико-экономическую привлекательность и конкурентоспособность электроприводных ГПА, обеспечивая главные задачи энергоэффективности и безопасности функционирования магистральных газопроводов, а также стабильности, надежности и экологичности транспорта энергоресурсов в рамках Единой газотранспортной системы.

### **Список использованной литературы**

1. Пужайло А.Ф., Савченков С.В., Спиридович Е.А. и др. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций: Монография / Под ред. О.В. Крюкова – Н.Новгород: Вектор ТиС, в 3 тт. 2010-2012.

2. Пужайло А.Ф., Крюков О.В., Рубцова И.Е. Энергосбережение в агрегатах компрессорных станций средствами частотно-регулируемого электропривода // Наука и техника в газовой промышленности, 2012, №2. – ООО «Газпром экспо», М. – С.98-106.

3. Крюков О.В. Анализ и техническая реализация факторов энергоэффективности инновационных решений в электроприводных турбокомпрессорах // Автоматизация в промышленности, 2010, №10. – С.50-53.

4. Крюков О.В. Прикладные задачи теории планирования эксперимента для инвариантных объектов газотранспортных систем // Материалы IX МНТК «Идентификация систем и задачи управления» (SICPRO '12). – М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 30 января – 2 февраля 2012. – С.222-236.

5. Крюков О.В., Степанов С.Е. Пути модернизации электроприводных газоперекачивающих агрегатов // IX МНТК «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» (РАЕР-2012) Украина, Крым, Николаевка, 17-23 сентября 2012. – С.209-212.

6. Воронков В.И., Крюков О.В., Степанов С.Е. Концепция энергоэффективных электроприводов КС // Труды VII Международной конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2012, Иваново, ИГЭУ, 2-4 октября 2012. – С.191-195.

7. Kryukov O.V. Methodology and tools for neuro-fuzzy prediction of the status of electric drives of gas-compressor units // Russian Electrical Engineering, September 2012, Vol. 83, Issue 9, pp. 516-520.