

Технические науки

УДК 665.038:622.053(043)

**Молдабаева Гульназ Жаксылыковна**

*доктор технических наук,  
профессор кафедры «Нефтяная Инженерия»*

*Satbayev University*

**Moldabayeva Gulnaz**

*Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department of Petroleum Engineering*

*Satbayev University*

*ORCID: 0000-0001-7331-1633*

**Сулейменова Райхан Таупиховна**

*докторант кафедры «Нефтяная Инженерия»*

*Satbayev University*

**Suleimenova Raikhan**

*Doctoral Student of the Department of Petroleum Engineering*

*Satbayev University*

**Садвакасов Мукан Абдраукович**

*магистрант кафедры «Нефтяная Инженерия»*

*Satbayev University*

**Sadvakasov Mukan**

*Master Student of the Department of Petroleum Engineering*

*Satbayev University*

**АНАЛИЗ РАБОТ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА  
КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ  
ГАЗОПРОВОДОВ**

## ANALYSIS OF ENERGY SAVING WORK AT COMPRESSOR STATIONS OF MAIN GAS PIPELINES

***Аннотация.** В настоящее время национальный оператор газоснабжения в Казахстане уделяет особое внимание рациональному использованию природного газа для собственных и технологических нужд при сохранении оптимального управления газотранспортной системой с учетом конкретной технической ситуации оборудования. Энергоэффективное управление газопроводами - одно из приоритетных направлений оптимизации затрат на газ.*

***Ключевые слова:** энергоснабжение, газоперекачивающий агрегат (ГПА), компрессорные станции (КС), газопровод.*

***Summary.** Currently, the national operator of gas supply in Kazakhstan pays special attention to the rational use of natural gas for its own and technological needs while maintaining optimal control of the gas transmission system, taking into account the specific technical situation of the equipment. Energy efficient management of gas pipelines is one of the priority areas for optimizing gas costs.*

***Key words:** power supply, gas compressor unit (GPU), compressor stations (CS), gas pipeline.*

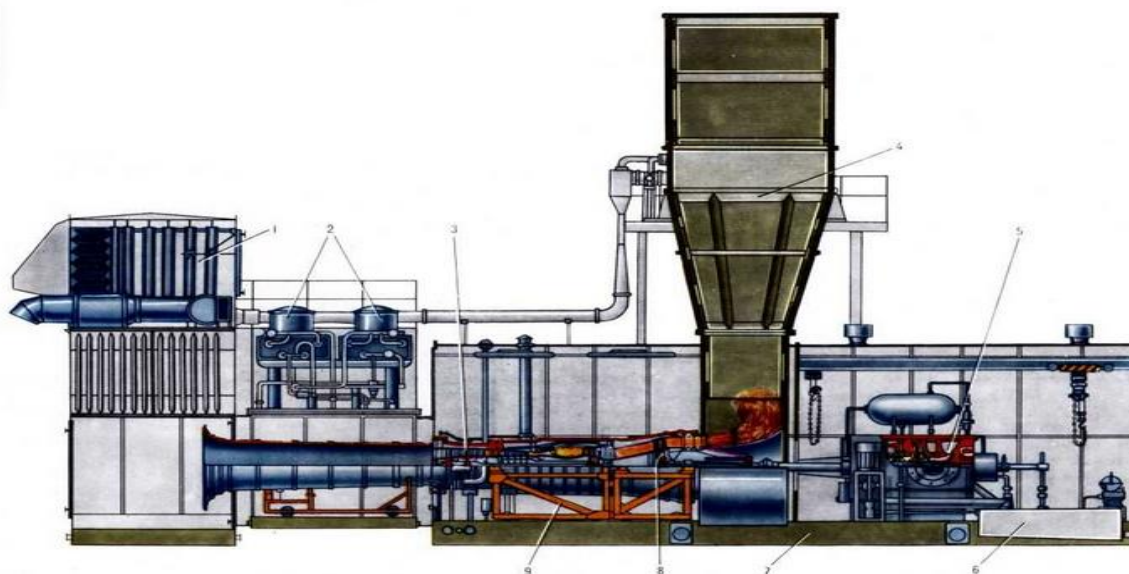
**Введение.** Природный газ перекачивается по газотранспортной системе через компрессорные станции и работает непрерывно. В связи с этим в условиях длительной эксплуатации газотранспортной системы необходимо внедрять мероприятия по поддержанию энергетической эффективности работы объектов магистральных газопроводов.

Одним из приоритетных направлений деятельности Оператора является повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) - природного газа, электрической и

энергии.

**Методы.** В условиях применения разнотипного оборудования на компрессорных станциях, имеющих индивидуальные характеристики, актуальным является задача разработки способов моделирования см синтетических зависимостей оборудования с учетом фактического технического состояния. Оптимизация технологических режимов транспортировки природного газа повысит энергоэффективность компрессорных станций магистрального газопровода.

**Исследование.** Для эффективного решения задач по управлению, контролю, расчету и оптимизации режимов работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА) компрессорные станции (КС) необходимо применять адаптированные математические модели, которые описывают взаимосвязь между технологическими параметрами с учетом технического состояния [7].



**Рис. 1. Газоперекачивающий блочно-контейнерный агрегат ГПА-Ц-16 с авиаприводом:**

- 1 - входное воздухоочистительное устройство; 2 - масляные радиаторы; 3 - авиационный привод НК-16 СТ; 4 - выхлопное устройство с шумо глушителем; 5 - нагнетатель природного газа; 6 - маслобак агрегата; 7 - фундаментная металлическая рама агрегата; 8 - силовая турбина агрегата; 9 - подмоторная рама авиапривода

Компрессоры низкого давления (0,3-2 МПа) в основном

используются на главных компрессорных станциях для транспортировки природного газа.

Также они используются для подачи искусственных горючих газов низкого давления на компрессорные станции.

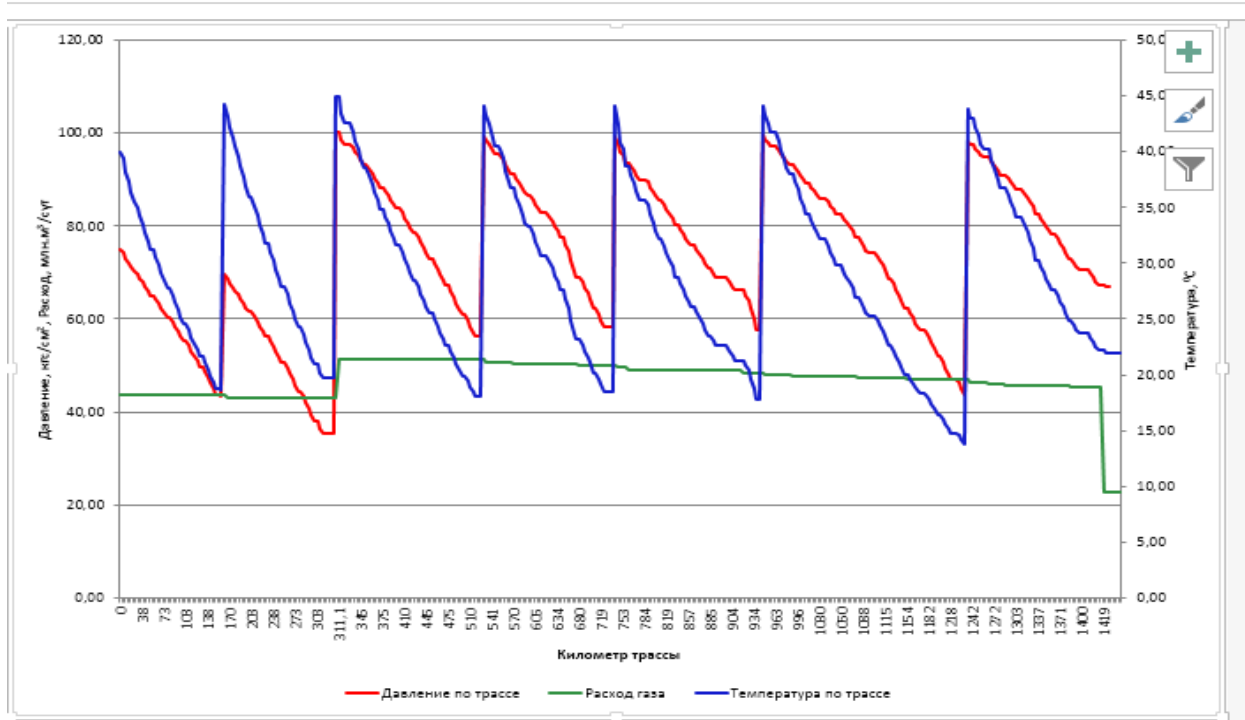


Рис. 2. Изменение давления, температуры по трассе МГ Бейнеу-Акарыс

Компрессоры среднего давления (2-5 МПа) работают в основном на промежуточных компрессорных станциях для увеличения пропускной способности газопроводов. На компрессорных станциях устанавливаются агрегаты высокого давления (9,8-12 МПа) для перекачки газа в подземные хранилища [5].

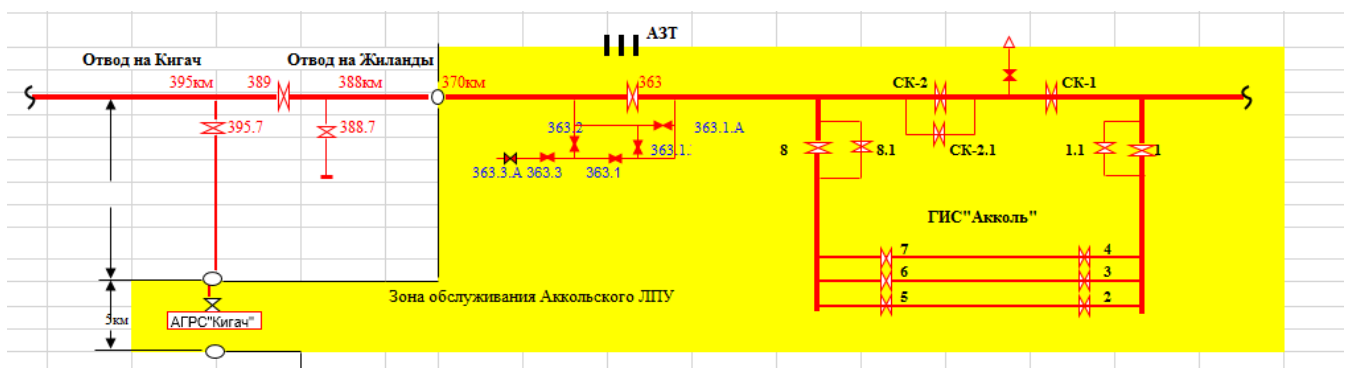


Рис. 3. Технологическая схема участка МГ "Магат-Северный Кавказ" с 362 - 370 км

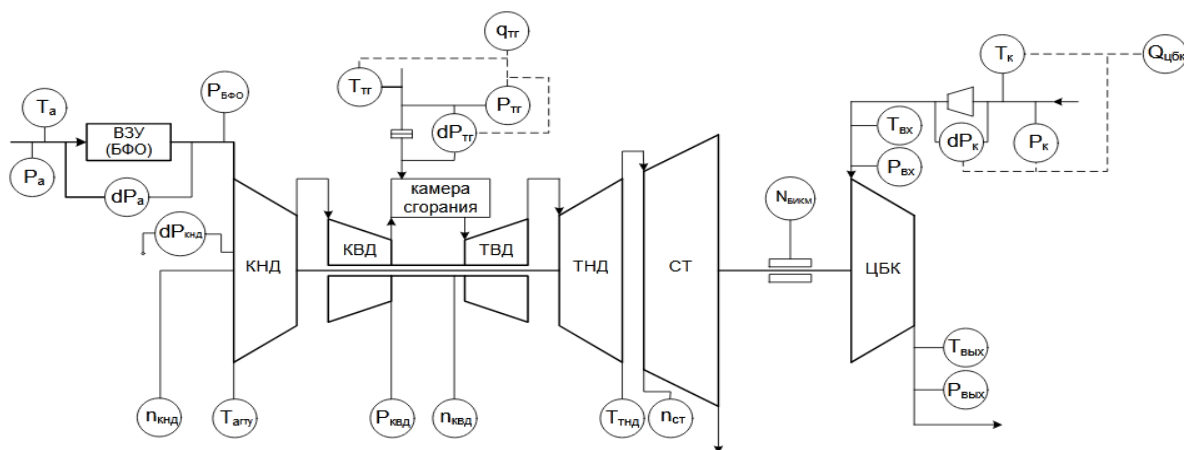
Таблица 1

**Параметры трубы и газа МГ "Магат-Северный Кавказ"**

Параметры трубы и газа		
Внешний диаметр	мм	1067
Толщина стенки	мм	12,1
Внутренний диаметр трубы	мм	1042,8
Коэфф-т шероховатости трубы	мм	0,03
Плотность газа	кг/м <sup>3</sup>	см. ниже
Плотность воздуха при 293К и 0.1013МПа	кг/м <sup>3</sup>	1,205
Плотность по воздуху		0,586
Коэфф-т неравномерности		0,941
Динамическая вязкость	кгс.сек/м <sup>2</sup>	0,0000012706
Коэфф-т эффективности		0,95

Для всех типов ГПА созданы системы автоматизации, обеспечивающие автоматический запуск и работу агрегата, защиту в аварийных режимах, сигнализацию неисправностей и защитные действия, контроль показателей объема. вентилятор, автоматическое поддержание заданной температуры и давления масла при аварийном отключении агрегата и т. д.

Каждый тип компрессора имеет свои конструктивные и функциональные характеристики. Поэтому, когда вы выбираете компрессор или компрессор ускорителя для своего графического процессора, важно полностью учитывать его условия эксплуатации и требования к его характеристикам.



**Рис. 4. Принципиальная схема измерения технологических параметров штатными средствами с использованием САУиР**

В соответствии с Концепцией энергосбережения одним из направлений реализации политики энергосбережения и повышения энергетической эффективности является повышение эффективности управления энергосбережением, в том числе совершенствование его организационной структуры, контроля за уровнем энергосбережения и энергетической эффективности и развитие нормативной базы энергосбережения. В настоящее время энергосбережение в отрасли реализуется в соответствии с нормативными документами.

При эксплуатации объектов газотранспортных систем для обеспечения задач энергосбережения на КС магистральных газопроводов необходимо оценивать основные технологические показатели работы ГПА: мощность ГТУ, расход топлива, эффективный КПД, коэффициенты технического состояния и проточных частей газотурбинных установок и центробежных компрессоров.

При управлении режимами работы технологического оборудования КС решается сложный комплекс задач: информационно-программного обеспечения диспетчерских служб; организации учета расхода газа на собственные и технологические нужды КС; оперативного взаимодействия

диспетчерской службы с производственно-диспетчерской службой оператора в вопросах обеспечения технологии компримирования при транспорте газа.

В информационно-программном обеспечении диспетчерских задач для расчета обычно используют диаграммы приведенных характеристик ГПА. Эти диаграммы имеют ряд недостатков: приведенные характеристики не постоянны (с наработкой агрегатов подвергаются деформации), кроме того они получены по ряду допущений.

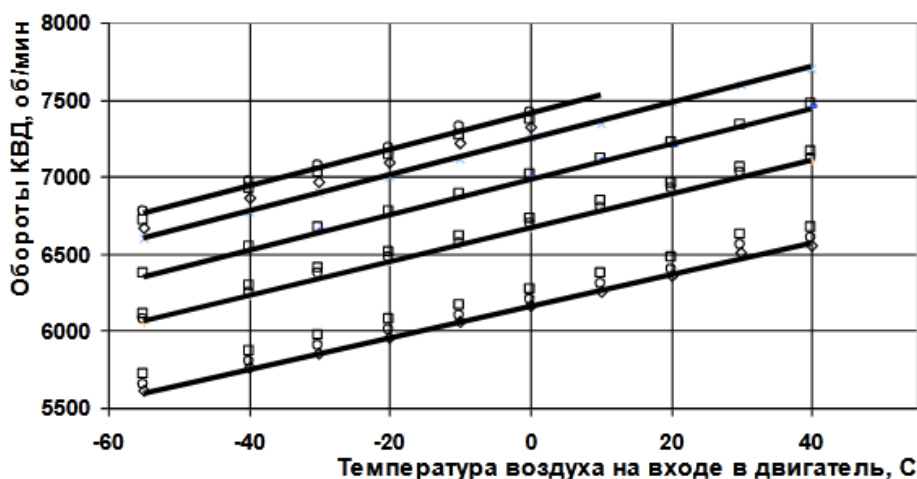
В связи с этим применяют альтернативный аналитический метод расчета эксплуатационных характеристик ГПА компрессорных станций, разрабатывают систему исходных и преобразованных значений топливно-энергетических показателей ГПА, решают задачу влияния адиабатного КПД осевого компрессора и турбины, КПД камеры сгорания на выходные показатели ГТУ - эффективную мощность и КПД, расход топливного газа и коммерческую производительность ГПА.

Ухудшение КПД основных элементов в разной степени влияет на ухудшение основных характеристик ГПА. Так, при снижении адиабатного КПД осевого компрессора на 5-10% эффективная мощность и коммерческая производительность снижаются на 15-32% соответственно, а при уменьшении адиабатного КПД газовой турбины на 5 и 10% мощность и производительность снижаются на 20 и 39%. Коммерческая производительность в большей степени зависит от адиабатных КПД осевого компрессора и турбины, чем от политропного КПД центробежного нагнетателя, например, при снижении последних на 5% коммерческая производительность также снижается на 5% [10; 7].

Повышение КПД газотурбинных установок нового поколения может быть достигнуто за счет повышения температуры газа перед турбиной ТЗ и степени повышения давления осевого компрессора, однако реализация таких показателей осложняется снижением ресурса ГТУ и обеспечение

назначенного ресурса ГТУ становится затруднительным без применения новых конструктивных решений и материалов с повышенной жаропрочностью.

На примере регулирования режимов работы трехвальной установки ГПУ-10 «Волна» используются характеристики  $n_{кплд} = f(t_{вх}, N)$  в графическом виде (рис. 5).



**Рис. 5. Зависимость частоты вращения каскада высокого давления от температуры воздуха на входе в двигатель**

В работе для повышения эффективности ГПА рассматривается вариант смешивания природного газа с водородом, обладающим более высокой скоростью распространения пламени, более широкими пределами

Руководствуясь общепринятыми нормами проектирования в нефтегазовой промышленности, рекомендуемое количество ГПА, их единичная мощность, технологические характеристики должны определяться по результатам соответствующих расчетов и сравнительных анализов.

Количество агрегатов должно рассчитываться исходя из расчетной мощности для КС в целом с учетом располагаемой мощности одного ГПА. Располагаемая мощность ГПА зависит от условий работы (температура окружающей среды, высотного расположения ГПА), а также



характеристики самого ГПА, предоставляемых заводом изготовителем.

Для транспортировки природного газа на дальние расстояния по трубопроводу в основном применяется центробежный компрессор.

Компрессор центробежного типа относится к агрегатам скоростного типа, эффективная работа которых возможна только в условиях применения высоких скоростей вращения. Выбранный привод может быть газотурбинной установкой, или электродвигателем. Для транспортировки больших объемов газа на дальние расстояния, в качестве привода центробежного компрессора ГПА применяются в основном газотурбинные установки.

Внедрение автоматизированных систем управления энергосбережением, далее АСУЭ предназначена для контроля и учета объектов энергоснабжения КС [10].

Система управления КС строится, как распределенная с децентрализацией отдельных функций управления. Целями создания интегрированной АСУЭ ТП и ЭС являются:

- повышение оперативности и качества принятия решений по управлению энергоснабжением и системой газоснабжения;
- повышение надежности газоснабжения и энергоснабжения, быстрая ликвидация предаварийных и аварийных режимов, с последующим анализом аварийных ситуаций;
- технический и коммерческий учет расхода газа и электроэнергии; введение диагностики работы оборудования.

АСУЭ КС предназначена для автоматизированного контроля и управления в реальном времени энергообеспечением компрессорной станции, а также для передачи необходимой информации в АСУ ТП КС. [9]

Важное значение имеет правильный учет и анализ удельного расхода электроэнергии на единицу продукции. Это один из основных показателей,

характеризующих технико-экономический уровень производства в целом и степень рационального ведения электрохозяйства. Нормы удельных расходов электроэнергии позволяют контролировать состояние производства сравнением фактического расхода с рекомендуемым или нормированным, полученным за большой период эксплуатации на аналогичном производстве или отдельном производственном процессе. [3]

**Выводы.** Расчет и выбор основного электроэнергетического оборудования должен выполняться с учетом максимальной экономии и уменьшения потерь электроэнергии за счет подбора оптимальных технических характеристик, возможных эксплуатационных режимов работы оборудования.

Должно предусматриваться применение электрооборудования, отвечающего современным требованиям международных стандартов.

Например, меры по подогреву и повышению температуры топливного газа на входе газо-поршневых электростанций обеспечивают меньший расход газа на выработку электроэнергии. Современная система управления параллельной работы генераторов обеспечит равномерное распределение нагрузки между установками, сохранит оборудование от преждевременного износа, увеличит межремонтные периоды.

Также повышению эффективности использования газо-поршневых электростанций может служить утилизация теплоты уходящих газов для подогрева воздуха, подаваемого для смешивания с топливным газом. Рациональная загрузка генераторов при работе КС не на полную мощность позволяет экономить топливный газ, продлевать ресурс оборудования.

### **Литература**

1. Карасевич А.М. Перспективы и резервы энергосбережения в России / А.М. Карасевич, Е.В. Крейнин // Газовая промышленность. 2010. №9. С. 68-71.

2. Ишков А.Г. Современное состояние и перспективное развитие направлений энергосбережения в транспорте газа / А.Г. Ишков, Г.А. Хворов, М.В. Юмашев, Е.В. Юров, Л.К. Ешич // Газовая промышленность. 2010. №9. С. 36-39.
3. Ишков А.Г. Методология формирования программ энергосбережения ОАО «Газпром» в условиях нового законодательства / А.Г. Ишков, И.А. Яценко, Н.Б. Пыстина, Г.А. Хворов, М.В. Юмашев, Е.В. Юров // Газовая промышленность. 2012. №2. С.70 - 75.
4. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М. Интрилигатор. Пер. с англ. М.: Прогресс, 1975. 607 с.
5. Козаченко А.Н. Энергетика трубопроводного транспорта газов / А.Н. Козаченко, В.И. Никишин, Б.П. Поршаков. М.: Нефть и газ, 2001. 397 с.
6. Карасевич А.М. Энергоэффективные режимы газотранспортных систем и методы их обеспечения / А.М. Карасевич, М.Г. Сухарев, А.В. Белинский, И.В. Тверской, Р.В. Самойлов // Газовая промышленность. 2012. №1. С.30-34.
7. Кампасти Н. Аэродинамика компрессоров / перевод с англ. Под. Ред. Ф.Ш. Гельмедова, Н.М. Савина. М.: «Мир», 2000. 688 с.
8. Каталог эффективных энергосберегающих технологий в добыче, транспортировке и подземном хранении газа. М.: ВНИИГаз (утв. ОАО «Газпром» 07.09.2011 г.).
9. Китаев С.В. Экспресс-способ определения показателей энергоэффективности газоперекачивающих агрегатов / С.В. Китаев, Р.Р. Фарухшина // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2015. №1. С.19-22.

10. Концепция энергосбережения и повышения энергетической эффективности в ОАО «Газпром» на период 2011-2020 гг. Утверждена Приказом ОАО «Газпром» от 08.12.2010 г. №364.
11. Козаченко А.Н. Энергетика трубопроводного транспорта газов. М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001. 400 с.
12. Кудашев Э.Р. Разработка прогрессивных методов оценки технического состояния газоперекачивающих агрегатов / Э.Р. Кудашев: Дис. канд. техн. наук. Тюмень, 2005. 160 с.
13. Котляр И.В. Судовые газотурбинные установки / И.В. Котляр. СПб.: Судостроение, 1967. 280 с.
14. Лопатин А.С. Термодинамическое обеспечение энерготехнологических задач трубопроводного транспорта природных газов / А. С. Лопатин. М.: Нефтяник, 1996. 82 с.