

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
238-1**
20-22 октября 2022 года

УДК 621.316

М.Д. ШАПОВАЛОВ, студент гр. м-ЭЛЭТ₃-11 (СГТУ имени Гагарина Ю.А.), г. Саратов

Научный руководитель С.Б. МУХАМБЕТОВ, к.т.н., доцент (СГТУ имени Гагарина Ю.А.), г. Саратов

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГАЗА**

Природный газ, добываемый в РФ, является основным видом энергоресурса в магистральном транспорте газа. По разным оценкам, потенциал его экономии в этом технологическом процессе составляет 17,1-18,2 млн куб.м [1].

Величина удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на каждый вид деятельности, в т.ч. на транспорт газа, характеризует экономическую эффективность. В табл. 1 показан удельный расход ТЭР по ООО «Газпром трансгаз Саратов» за период 2016-2021 г.

Таблица 1

Организация	Удельный расход ТЭР по годам, кг у.т./(млн м ³ .км)						Относительное отклонение за период		
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	δАТР	δВТЭР	δЕТЭР
Газпром трансгаз Саратов	33,734	32,326	32,003	32,231	32,377	30,792	-0,073	-0,113	-0,040

В газотранспортных предприятиях для целей энергосбережения реализуют мероприятия по экономии не только природного газа, но и электроэнергии и тепла.

Для нужд газовой отрасли Российской Федерации издан «Каталог энергоэффективных технологий ОАО Газпром», которым определены перспективные энергосберегающие технологии для основных технологических процессов (табл.2).

Таблица 2

Перспективные энергосберегающие технологии на технологические нужды по видам деятельности

Вид технологического процесса	ТЭР		
	Природный газ	Электроэнергия	Тепловая энергия
	Количество современных энергосберегающих технологий, шт		
Добыча газа, конденсата и нефти	6	4	2
Транспорт газа	9	8	4
Подземное хранение газа	6	4	2

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

238-2

20-22 октября 2022 года

На основе анализа энергоэффективности мероприятий по экономии электроэнергии определены основные направления их по реализации (рис.1) при транспортировке газа. Установлено [3], что наибольшим потенциалом энергосбережения обладают мероприятия связанные с повышением эффективности управления работой оборудования компрессорных станций, модернизацией этого оборудования на разных этапах эксплуатации, проведением организационно-технических мероприятий по энергосбережению (70-80%).

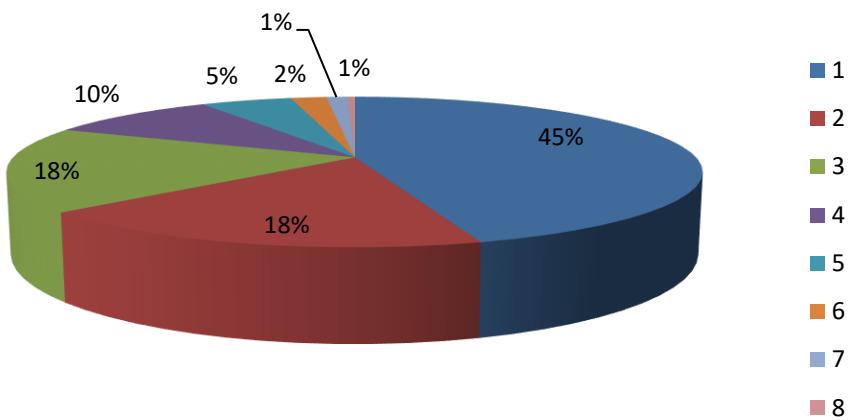


Рис 1. Потенциал экономии электрической энергии газотранспортного комплекса

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
238-3**
20-22 октября 2022 года

№п/п	Вид мероприятия	Экономия
1.	Эффективное управление работой оборудования компрессорных станций	45%
2.	Организационно-технические мероприятия по энергосбережению	18%
3.	Улучшение технического состояния оборудования за счет ремонта	18%
4.	Внедрение ЧРП и мягкого пуска электродвигателей	10%
5.	Применение энергоэффективных систем освещения, отопления и вентиляции	5%
6.	Внедрение энергоэффективных электростанций собственных нужд	2%
7.	Повышение точности учета электроэнергии (АИИСКУЭ)	1%
8.	Реконструкция и модернизация оборудования на КС	1%

Наибольшим потенциалом по экономии электроэнергии при транспорте газа обладают мероприятия связанные с управлением режимом электропотребления специализированного оборудования газотранспортных систем. Для газотранспортных предприятий эти мероприятия рекомендуется проводить на всех видах компрессорных станций (КС)

При эксплуатации технических объектов транспорта природного газа для решения задач повышения эффективности использования электроэнергии на магистральных газопроводах, в первую очередь, оцениваются основные технологические показатели работы ГПА (газоперекачивающих агрегатов)). Эти показатели для ГТУ (газотурбинных установок) и центробежных компрессоров определяются:

- мощностью;
- расходом топлива;
- КПД;
- коэффициентами технического состояния.

Для целей энергосбережения и повышения эффективности использования электроэнергии, уравнение оценки энергетической эффективности при транспорте газа в общем виде можно записать:

$$W_{\text{эф}} = \sum_{i=1}^n \frac{W_{\text{кС}}}{V_i} \quad (1)$$

где $W_{\text{эф}}$ – удельное потребление электроэнергии, кВт*ч/м³;

$W_{\text{кС}}$ – потребление электроэнергии КС в i -ый промежуток времени, кВт*ч;

V_i – объем переданного газа в i -ый промежуток времени, м³.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

238-4

20-22 октября 2022 года

Это уравнение не учитывает физику процесса. При прохождении газа по газопроводу затрачиваются топливно-энергетические ресурсы. При работе компрессорной станции на линейном участке газовой магистрали расходуется часть энергии потока. Это определяется физическими законами прохождения газа по трубопроводу.

В данном случае удобно оперировать такими величинами как:

- удельный расход топливного газа $q_{\text{тг}}$;
- удельный расход электроэнергии $W_{\text{ЭГПА}}$;
- объем транспорта газа $q_{\text{кц}}$;
- длина газотранспортной системы ΔL ;
- товаротранспортная работа (ТТР).

При этом, установлена связь между этими величинами [2,5]. Отмечено, что снижение товаротранспортной работы влияет на уменьшение удельного расхода ТЭР при транспортировке газа.

Так, удельный расход ТЭР при этом принято рассчитывать по формуле:

$$\frac{T\mathcal{E}P}{TTP} \approx \frac{q_{\text{тг}} \text{ или } W_{\text{ЭГПА}}}{q_{\text{кц}} \cdot \Delta L} \quad (2)$$

Расход топливно-энергетических ресурсов при транспортировке природного газа рассчитывается с помощью формулы [2]:

$$R \approx q_{\text{кц}}^2 \cdot \frac{\lambda}{D_{\text{МГ}}^5} \cdot \frac{ZT}{P} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{ГПА}}} \quad (3)$$

где $q_{\text{кц}}$ – величина объема транспорта газа;

$q_{\text{тг}}$ – расход топливного газа;

λ – коэффициент сопротивления;

$D_{\text{МГ}}$ – диаметр газовой трубы;

Z – коэффициент сжимаемости газа;

T – температура газа;

P – давление газа;

$\eta_{\text{ГПА}}$ – КПД газоперекачивающих агрегатов.

Видно, что объем транспорта газа влияет на удельный расход ТЭР. Простейшие расчеты показывают:

1. Учитывая среднюю загрузку магистрали в 70-80%, отметим что увеличение $q_{\text{кц}}$ на 1% увеличивает потребление топливно-энергетических ресурсов на 3%. Удельное потребление составит 2%.

2. Затраты ТЭР вырастают при снижении P и увеличении T газа.

3. Повышение качества внутренней поверхности труб приводит к снижению затрат ТЭР.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

238-5

20-22 октября 2022 года

4. Повышение КПД ГПА является хоть и значительным, но лишь одним из факторов уменьшения потребления ТЭР на транспорт газа. КПД ГПА складывается из КПД ГТУ, падающего при снижении нагрузки, и КПД центробежного насоса, изменяющегося в зависимости от объема прокачки газа через ГПА и степени сжатия.

5. Для поддержания оптимальной температуры газа рекомендуется включать все АВО газа (аппараты воздушного охлаждения). В данном случае необходимо регулировать электропотребление вентиляторов охлаждающих систем.

Основными факторами, которые могут повлиять на величину удельного расхода топливно-энергетических ресурсов при транспортировке газа, являются:

- внедрение программ энергосбережения (в частности, реализация потенциала экономии электрической энергии на КС);
- структурные изменения и организационно-технические мероприятия;
- товаротранспортная работа (снижение ТТР снижает расход ТЭР).

Таким образом, повышение эффективности управления работой оборудования компрессорных станций, повышение качества газопроводов является актуальным направлением энергосбережения в транспорте природного газа.

Список литературы:

1. 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.

2. О комплексном подходе к планированию и потреблению топливно-энергетических ресурсов на компримирование газа при его транспортировке по магистральным газопроводам. Никитин В.Г., Яценко И.А., Халикова Э.Р., Маланичев В.А. Газовая промышленность. 2021. № 2 (812). С. 78-87.

3. Анализ реализации потенциала энергосбережения в магистральном транспорте газа ПАО «Газпром» за период 2011–2016 гг. Г.А. Хворов, ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ,2017-5

4. Верепов, А.Г. Методическая унификация расчетов выходных показателей ГТУ / А.Г. Верепов, А.А. Верепов, В.В. Чиненов // Газовая промышленность. – 2010. – №3. – С.56 – 59

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

238-6

20-22 октября 2022 года

5. Байков, И.Р. Методы повышения энергетической эффективности магистрального транспорта газа / И.Р.Байков, С.В.Китаев, И.А. Шаммазов. – СПб.: Недра, 2008. – 440 с.

Информация об авторах: Шаповалов Михаил Дмитриевич, студент гр. . м-ЭЛЭТ₃-11, СГТУ имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул.Политехническая, 77, mslava5@mail.ru

Мухамбетов Серк Балтаваевич, к.т.н., доцент, СГТУ имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул.Политехническая, 77, mukhambetovsb@sstu.ru