

*Попов О. Б.
магистрант ИНГТ
Самарский государственный технический университет
Россия, г. Самара*

**ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ТОПЛИВНО-
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (ВЭР) ПРИ ТРАНСПОРТЕ ГАЗА ПО
МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ**

***Аннотация:** Статья посвящена проблемам энергосбережения и энергоэффективности в трубопроводном транспорте газа. При этом решаются следующие важные задачи: утилизация вторичных топливно-энергетических ресурсов - тепла уходящих газов газотурбинных установок на компрессорных станциях, уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду и обеспечение производства электроэнергии на собственные нужды. Важность проблем обусловлена постоянным увеличением вторичных топливно-энергетических ресурсов при работе компрессорных станций, и, следовательно, суммарным увеличением экологической нагрузки на окружающую среду.*

***Ключевые слова:** энергосбережение и энергоэффективность, утилизация, вторичные топливно-энергетические ресурсы, экологичность производства, трансформация, генерация электроэнергии.*

***Annotation:** The article is devoted to the problems of energy saving and energy efficiency in pipeline gas transport. At the same time, the following important tasks are being solved: utilization of secondary fuel and energy resources - heat from exhaust gases of gas turbine units at compressor stations, reducing the environmental load on the environment and ensuring the production of electricity for our own needs. The importance of the problems is due to the constant increase*

in secondary fuel and energy resources during the operation of compressor stations, and, consequently, the total increase in the environmental load on the environment.

Key words: *energy saving and energy efficiency, recycling, secondary fuel and energy resources, environmental friendliness of production, transformation, electricity generation.*

Введение

Актуальность темы представленной работы основана на распоряжении Правительства России № 1715-р от 13.11.2009 г. принятой «Энергетической стратегией России на период до 2030 г.». В соответствии с этой стратегией одним из направлений развития газовой промышленности является развитие единой системы газоснабжения (ЕСГ). При этом энергосбережение и энергоэффективность являются важнейшими направлениями.

В ПАО ГАЗПРОМ активно подключились к выполнению распоряжения Правительства России. Подтверждением является ряд документов [1–4].

Так, например, с целью повышения энергоэффективности в Обществе утверждена «Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «ГазПРОМ» на 2023–2025 гг.

Одним из основных направлений энергосбережения является утилизация тепла уходящих газов газотурбинных установок (ГТУ). В настоящее время возрастает значение сохранения и охраны окружающей природной среды. Особенно актуальным становится вопрос связанные с эмиссией загрязняющих веществ (ЗВ) от газотранспортной системы. Также большое значение приобретают экологические характеристики ГТУ которые применяются для привода ГПА. Обеспечение линейных компрессорных станций (КС) и других объектов ЕСГ электроэнергией на собственные нужды является одной из актуальных задач. Зачастую подвод линий электропередач к объектам ЕСГ является трудновыполнимым и дорогостоящим из-за их удаленности от крупных электростанций и единой электрической сети. В то

же время теплота уходящих газов ГТУ может быть использована в комбинированных газопаровых установках (ГПУ) для выработки электроэнергии. Полученная электроэнергия может использоваться для собственных нужд КС или другими находящимися по близости промышленными и гражданскими объектами.

Таким образом, решаются сразу три важные задачи: утилизация тепла уходящих газов ГТУ, уменьшение экологической нагрузки на окружающую среду и обеспечение КС электроэнергией на собственные нужды.

1. Анализ системы транспортировки газа в России и оценка располагаемой тепловой мощности уходящих газов ГТУ ГПА ЕСГ России.

Россия располагает крупнейшими в мире топливно-энергетическими ресурсами. На территории России сосредоточено около 25 % всех энергоресурсов планеты: 45 % мировых запасов природного газа, 13 % нефти, 23 % угля и 14 % урана. По запасам природного газа и его добыче Россия занимает 1-е место в мире.

ЕСГ России имеет более 162 тыс. км магистральных газопроводов и отводов, 215 линейных компрессорных станций с общей мощностью газоперекачивающих агрегатов в 42,1 тыс. МВт, 6 комплексов по переработке газа и газового конденсата, 25 объектов подземного хранения газа. Природный и попутный нефтяной газ является в настоящее время основным источником обеспечения внутренних потребностей страны в первичных энергоресурсах. По количеству потребляемого топлива газовая промышленность в России занимает второе место после электроэнергетики.

В то же время Россия располагает масштабным недоиспользуемым потенциалом энергосбережения, который по способности решать проблему

обеспечения экономического роста страны сопоставим с приростом производства всех первичных энергетических ресурсов.

Произведена оценка располагаемой тепловой мощности уходящих газов ГПА ЕСГ России, равная 87,9 ГВт, которая может быть использована для выработки электроэнергии.

Для транспортировки природного газа по магистральным газопроводам (МГ) в качестве привода ГПА применяются ГТУ. ГТУ имеют температуру выхлопных газов в диапазоне 400–500 °С, и их утилизационный потенциал оценивается в 836 млн ГДж/год, из которых для нужд теплоснабжения используется 54,3 млн ГДж/год, что составляет всего 6,5 %.

Для оптимизации работы ГТУ возможно применение технологии утилизации тепла отходящих газов компрессорных станций. Суммарный потенциал выработки электроэнергии на основе использования технологии утилизации тепла уходящих газов ГПА на компрессорных станциях (КС) оценивается в 27,3 млрд кВт·ч/год.

Для понимания масштабности и значимости приведенных выше безвозвратных потерь в системе ПАО ГАЗПРОМ проанализируем и сравним их с производительностью Волжской ГЭС, ежегодная производительность которой составляет 11500 млн кВт·ч/год. Поделив число 27300 на 11500, получим относительную величину годового утилизационного потенциала ГАЗПРОМА относительно годовой производительности Волжской ГЭС, которая равна 2,374. Эта величина демонстрирует безвозвратные потери энергии каждый год при транспорте газа по магистральным трубопроводам, равные производству электроэнергии Волжской ГЭС в течение примерно 2,5 лет. Отсюда следует актуальность предлагаемой темы, направленной на утилизацию ВЭР при транспорте газа по МГ.

Таким образом, образующиеся объемы ВЭР достаточны для утилизации с целью производства электрической энергии, которые постоянно и неизбежно

пополняются в процессе производства – транспорта газа по магистральным трубопроводам. Рассмотрим эти вопросы подробнее.

2. Обзор и состояние вопроса по использованию энергоресурсов на КС МГ

2.1. Классификация и источники вторичных топливно-энергетических ресурсов (ВЭР)

В соответствии с ГОСТ Р 51387-99 вторичные топливно-энергетические ресурсы это: топливно-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты (сбросы и выбросы) производственного технологического процесса. ВЭР подразделяют на следующие группы (виды): горючие, тепловые, избыточного давления.

1. *Горючие ВЭР* – все виды топливных вторичных продуктов и отходов и получаемые в результате технологических процессов с участием топливных и сырьевых (горючих) ресурсов.

2. *Тепловые ВЭР* – тепло отходящих газов технологических агрегатов, тепло основной, побочной, промежуточной продукции и отходов основного производства, тепло рабочих тел систем принудительного охлаждения технологических агрегатов и установок, тепло горячей воды и пара, отработанных в технологических и силовых установках. Различают низкопотенциальные и высокопотенциальные тепловые ВЭР.

3. *ВЭР избыточного давления* – газы и жидкости, обладающие потенциальной энергией, покидающие технологические агрегаты под избыточным давлением, достаточным для их дальнейшего эффективного использования.

Соответственно, различают следующие основные направления использования ВЭР разных видов:

– *топливное*, предусматривающее использование горючих ВЭР непосредственно в качестве котельно-печного топлива;

– *тепловое*, предусматривающее использование потребителями тепла, получаемого непосредственно в виде или производимого в установках утилизации ВЭР;

– *силовое*, предусматривающее использование ВЭР избыточного давления в турбинах для привода рабочих машин (компрессоров, насосов, воздуходувок и т. п.) или для выработки электрической энергии;

– *комбинированное*, предусматривающее комплексное использование ВЭР для выработки электроэнергии и тепла в утилизационных установках (утилизационных ТЭЦ) по теплофикационному циклу.

2.2. ВЭР газотранспортной системы

К тепловым ВЭР газотранспортной системы относится высокопотенциальная теплота уходящих газов ГТУ и ДВС, которые используются для привода ГПА, а также низкопотенциальная теплота охлаждающего воздуха после аппаратов воздушного охлаждения компримируемого газа.

К ВЭР избыточного давления относится потенциальная энергия транспортируемого по магистральному газопроводу газа.

Анализ ВЭР показывает, что высокопотенциальная теплота уходящих газов ГТУ и ДВС, которые используются для привода ГПА, а также низкопотенциальная теплота охлаждающего воздуха после аппаратов воздушного охлаждения компримируемого газа являются наиболее перспективными ВЭР с целью получения электроэнергии в объемах, достаточных для удовлетворения внутренних потребностей компрессорных станций.

Таким образом, объемы ВЭР, образующиеся в результате транспорта газа, достаточны для получения электрической энергии. Кроме того, их запасы, как было отмечено выше, постоянно пополняются.

Вторым важным вопросом для реализации задач утилизации является наличие технологий и оборудования.

2.3. Постановка цели исследований

Поднимаемые вопросы утилизации энергии ВЭР являются актуальными для каждого из приведенных выше дочерних обществ.

Целью представленного научного исследования является обоснование наличия достаточных объемов ВЭР на каждой из дочерних организаций для получения энергии для удовлетворения собственных нужд.

Кроме того, это позволит обоснованно в ближайшем будущем приступить к разработке научно-технической основы создания утилизационной энергетической установки для обеспечения газоперекачивающих компрессорных станций ЕСГ России электроэнергией собственных нужд с учетом снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

3. Оценка располагаемой тепловой мощности уходящих газов ГПА

3.1. Состав парка газоперекачивающих агрегатов

Вид привода компрессорных станций и их установленная мощность в основном определяются пропускной способностью газопровода и степенью сжатия по станции. Газоперекачивающие агрегаты, применяемые для компримирования газа на компрессорных станциях, по типу привода подразделяются на три основные группы:

- 1) газотурбинные установки;
- 2) электроприводные агрегаты (ЭГПА);

3) газомотокомпрессорные установки (ГМКУ).

К первой группе относятся ГПА с приводом центробежного нагнетателя от газовой турбины; ко второй – агрегаты с приводом от электродвигателя и к третьей группе – агрегаты с приводом от поршневых двигателей внутреннего сгорания, использующих в качестве топлива природный газ.

К агрегатам первой группы, который является основным видом привода ГПА, относятся:

- стационарные установки;
- авиационные установки;
- судовые газотурбинные установки.

Заметим, что агрегаты первой группы производят ВЭР в большем объеме по сравнению с остальными.

К стационарным газотурбинным установкам, специально спроектированным для использования на компрессорных станциях, следует отнести установки Уральского турбомоторного завода (УТМЗ): ГТ-6-750, ГТН-6, ГТК-16, ГТН-25-Невского завода (НЗЛ): ГТК-5, ГТ-700-5, ГТ-750-6, ГТК-10-2, ГТК-10-4, ГТК-16, ГТН-25. На КС эксплуатируются и стационарные установки импортного производства, выпускаемые по лицензии фирмы Дженерал Электрик (США), а также установки типа: Аврора, Дон-1, 2 и 3, изготавливаемые машиностроительным заводом г. Брно, Чехия.

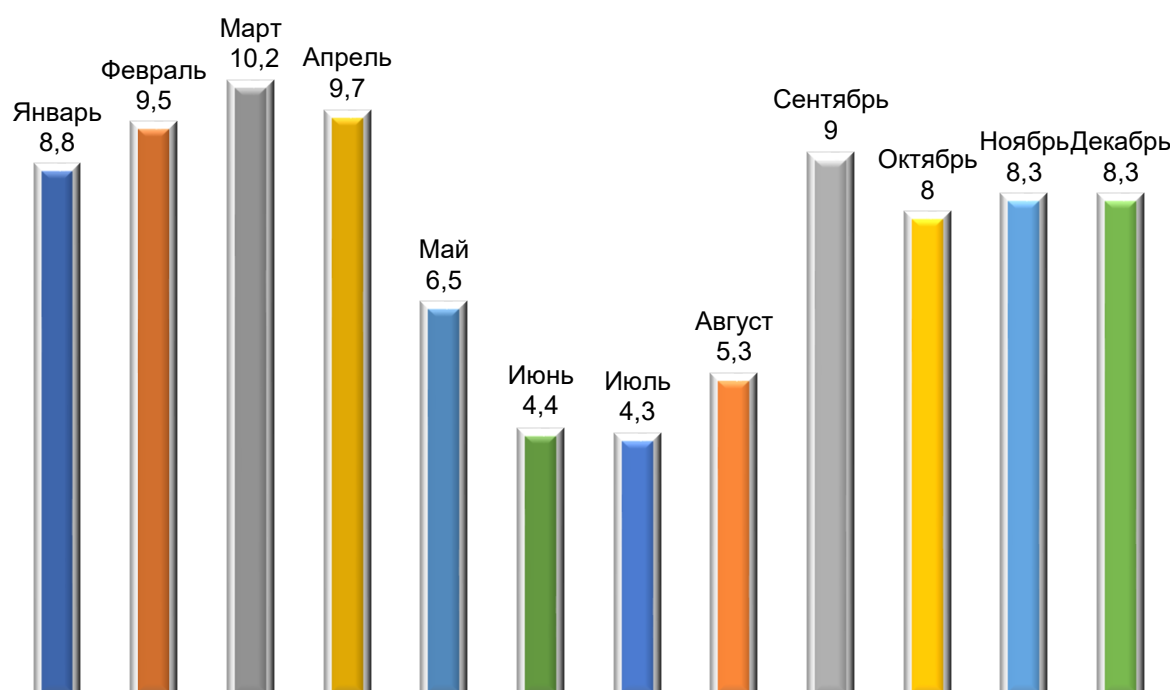
3.2. Оценка утилизационного потенциала ВЭР

Анализ расчетных параметров ГТУ показывает, что расход рабочего тела находится в пределах от 30 до 60 кг/с, а температура выхлопных газов – от 200 °С до 350 °С. Эти параметры определяют тепловой потенциал выхлопных газов после турбины ГПА, что определяет количество теплоты, теряемое с выхлопными газами, объем которого находится в пределах от 7,5 МДж до 28 МДж, что составляет утилизационный потенциал ВЭР.

Однако окончательный вывод о целесообразности утилизации ВЭР определяется объемом электроэнергии для внутренних нужд.

3.3. Оценка потребления электроэнергии КС на свои собственные нужды

Приведем частный случай. Потребление электроэнергии КС «Сызрань» варьируется от 10 МВт зимой до 4,5 МВт летом, что отражает график потребления электроэнергии за 2020 г., представленный на рис. 1.



*Рисунок 1. Потребление электроэнергии КС «Сызрань» за 2020 в МВт
Приведенные графики потребления электроэнергии позволяют оценить потребности как одной КС, так и всего ПАО Газпром*

Вывод

В работе обоснована целесообразность утилизации теплового потенциала ВЭР – утилизации тепла уходящих газов ГТУ, что приводит к уменьшению экологической нагрузки на окружающую среду и обеспечению КС электроэнергией на собственные нужды, что дает значительный экономический эффект.

Использованные источники

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. ПАО «ГАЗПРОМ». План мероприятий по повышению операционной эффективности и оптимизации расходов на 2024 год газотранспортных дочерних обществ ПАО «Газпром» и ООО «ГазпромПХГ». Утверждено 18 апреля 2024 года.
3. ПАО «Газпром». Распоряжение номер 89 от 16 марта 2023 года «Об утверждении программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Газпром» на 2023–2025 годы».
4. Протокол заседания координационного комитета ПАО «Газпром» по вопросам рационального природопользования от 30 августа 2023 года. Санкт-Петербург.
5. Санкт-Петербург. ПАО Газпром. Руководителем дочерних обществ ПАО «Газпром» и организаций. Тема: «Об объемах сохранения газа с применением МКС на 2024–2026 годы».
6. Газотурбодетандерные энергетические установки собственных нужд компрессорных станций магистральных газопроводов / В. В. Бирюк, Л. П. Шелудько, А. А. Шиманов, К. Ю. Шабанов. – 2015. – 3 с.
7. Реализация потенциала энергосбережения и повышение энергетической эффективности ПАО «Газпром» на основе применения турбодетандерных

технологий / И. А. Яценко, Г. А. Хворов, М. В. Юмашев, Е. В. Юров // Газовая промышленность. – 2017. – № 750. – С. 60–63.