

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТЭГ НА ГПА

**Захаров Денис Павлович**

студент, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, РФ, г. Москва

### PROSPECTS AND FEASIBILITY OF USING STEG ON GAS PUMPING UNITS

*Denis Zakharov*

*Student, Gubkin University, Russia, Moscow*

**Аннотация.** Трубопроводный транспорт природного газа обладает наибольшим потенциалом энергосбережения в газовой промышленности. При этом наиболее энергопотребляющим оборудованием являются газоперекачивающие агрегаты. В статье рассматривается способ увеличения КПД газоперекачивающих агрегатов.

**Abstract.** Pipeline transportation of natural gas has the greatest energy saving potential in the gas industry. At the same time, the most energy-consuming equipment is gas pumping units. The article discusses a way to increase the efficiency of gas pumping units.

**Ключевые слова:** газоперекачивающий агрегат, термоэлектрогенератор, утилизационный теплообменный аппарат.

**Keywords:** gas pumping unit, thermoelectric generator, recovery heat exchanger.

Согласно анализа ресурсов энергосбережения в газовой отрасли, именно трубопроводный транспорт природного газа обладает наибольшим потенциалом энергосбережения. Основой трубопроводного транспорта газа являются: линейная часть (ЛЧ), состоящая из трубопроводов, и компрессорные станции (КС), располагающиеся на ней [1].

Основу КС составляют газоперекачивающие агрегаты (ГПА). В настоящий момент КПД ГПА составляет не больше 40%, в следствии чего пропадает колоссальное количество тепловой энергии, при сжигании газа. В связи с этим, актуальным становится вопрос повышения энергоэффективности ГПА.

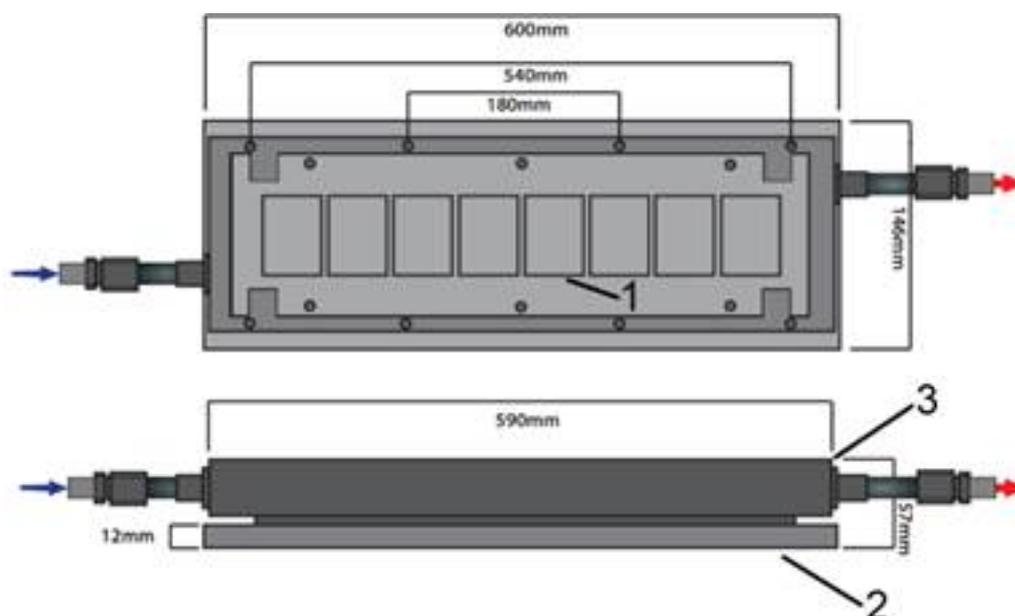
Для более рационального использования энергоресурсов предлагается рассмотреть целесообразность использования системы термоэлектрических генераторов (СТЭГ) для выработки электроэнергии, которые состоят из термоэлектрических генераторных модулей (ТГМ), работающих на эффекте Зеебека. Главной задачей ТГМ является генерация электрического тока от разности температур на пластинах модуля.

#### Схема СТЭГ

В качестве возможного места расположения термоэлектрических генераторов (ТЭГ) будет рассмотрена выхлопная труба ГПА-16, с Условными размерами: высота(Н) 11,2 м, наружный диаметр(D) 2,8 м.

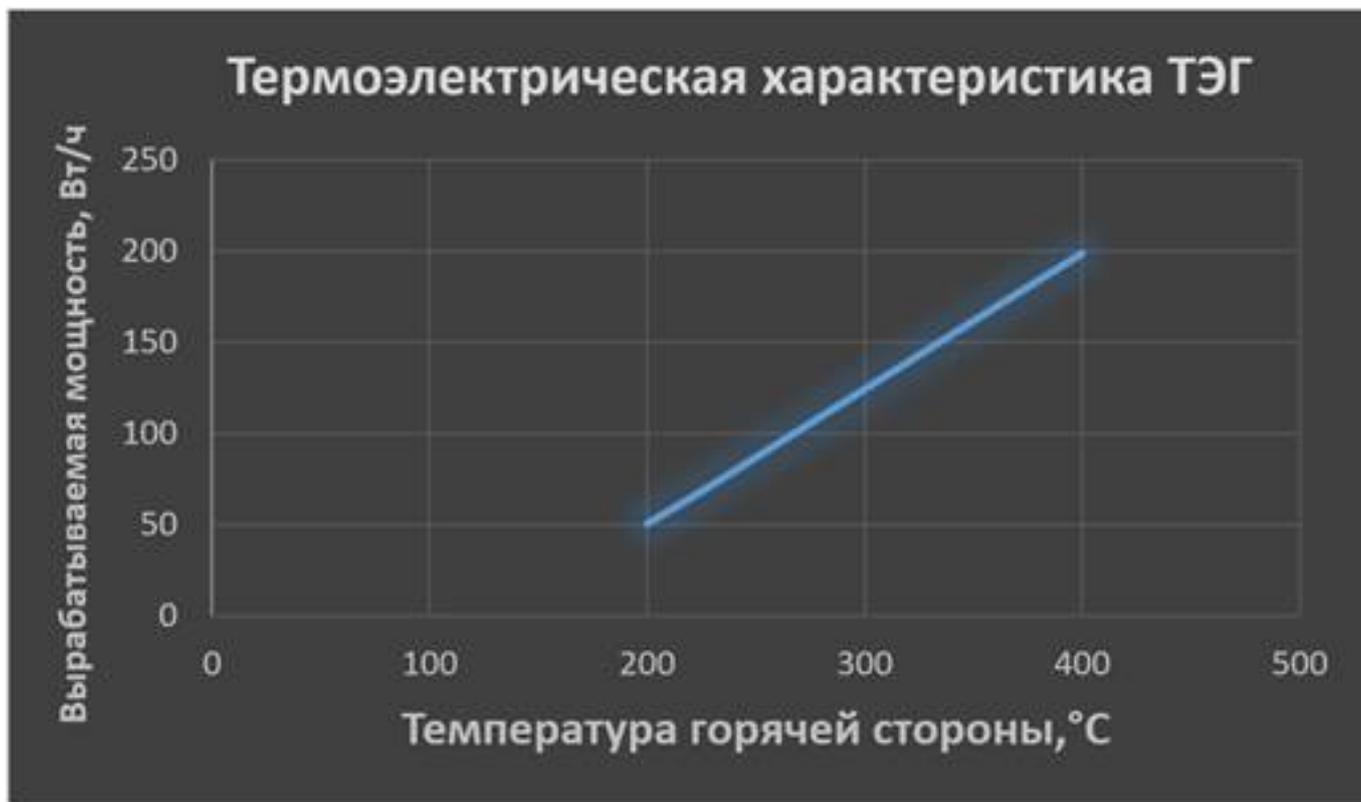
Температура продуктов сгорания после свободной турбины(СТ) при оптимальных режимах работы ГПА составляет 450-500°C. Учитывая возможные тепловые потери в утилизаторе теплоты отходящих газов(УТО) и шахте выхлопа, а также прочие потери, принимаем температуру продуктов сгорания в выхлопной трубе, на протяжении всей ее длины, равной 400°C.

В качестве ТЭГ был выбран DW-WC-100W. Ниже, на рисунке 1, приведены размеры и основные компоненты данного генератора, он состоит из 8 термоэлектрических модулей Тегро (1), одной алюминиевой теплообменной пластины (2) и блока жидкостного охлаждения (3). Масса ТЭГ составляет 7,8 кг. Также для нормальной работы требуется обеспечить жидкостное охлаждение с расходом 4л/мин, при температуре хладагента не более 30°C.



**Рисунок 1. ТЭГ DW-WC-100W**

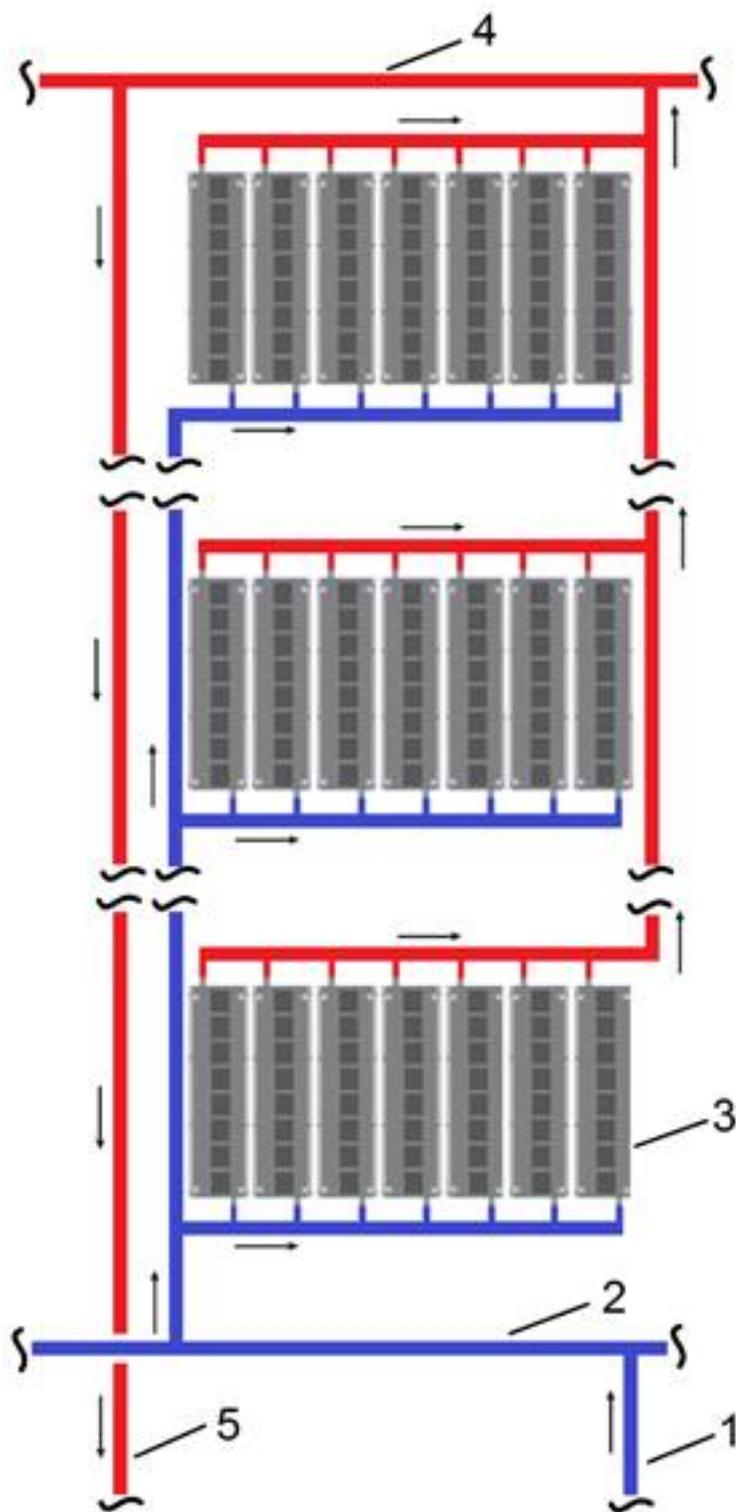
Принцип работы ТЭГ: алюминиевая пластина проводит тепло от поверхности источника тепла к горячей стороне термоэлектрического модуля. Часть тепла, проходящего через термоэлектрические модули, передается в блок жидкостного охлаждения, где оно отводится проточной водой / гликолем через систему. Остальная часть тепла преобразуется термоэлектрическими модулями в электричество. Генератор отличается легкостью, долговечен и не производит шума. Для определения количества вырабатываемой энергии ТЭГ ниже приведена его термоэлектрическая характеристика.



**Рисунок 2. Термоэлектрическая характеристика DW-WC-100W при температуре входа охлаждающей жидкости 30°C**

Чтобы получить максимальную теплоотдачу между ТЭГ и поверхностью трубы, следует обеспечить полный контакт между ними, что со стандартной выхлопной трубой не представляется возможным, вследствие ее круглого профиля. Поэтому следует изменить форму выхлопной трубы на восьмиугольную, для получения ровных поверхностей.

При том же условном диаметре трубы, ширина грани восьмиугольника(k) выхлопной трубы будет равна 1,15 м, что позволяет установить не больше 7 ТЭГ в ряд, с трубопроводами подачи и отвода хладагента.



1 - Вход хладагента; 2 - Коллектор хладагента; 3 - ТЭГ; 4 - Коллектор нагретого хладагента; 5 - Выход нагретого хладагента

**Рисунок 3. Технологическая схема системы охлаждения**

В качестве хладагента будет использоваться вода из технологических трубопроводов. Условно принимаем, что номинального расхода и напора в трубопроводе хватает на циркуляцию воды в системе охлаждения СТЭГ.

Также, чтобы извлечь пользу от нагретой воды после СТЭГ, она будет подаваться на УТО, тем самым должна увеличиться температура уходящей воды из УТО.

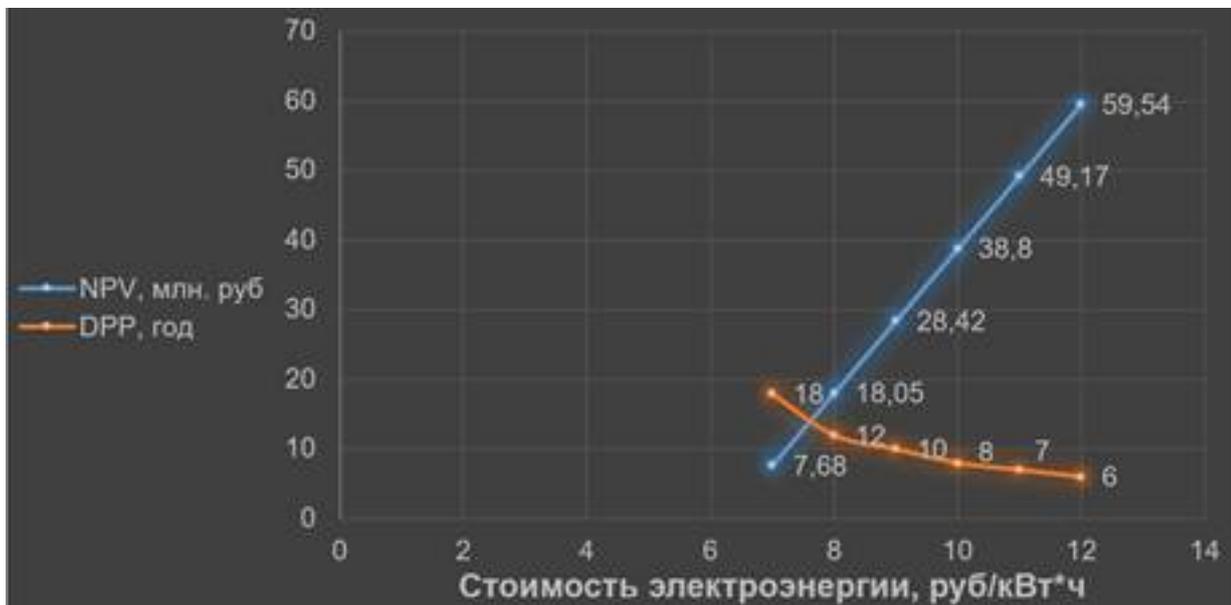
На рисунке 4 изображен 3D эскиз СТЭГ, созданный в программе КОМПАС-3D v17, с учетом всех характеристик, приведенных выше.



*Рисунок 4. 3D модель СТЭГ*

#### **Экономический анализ проекта.**

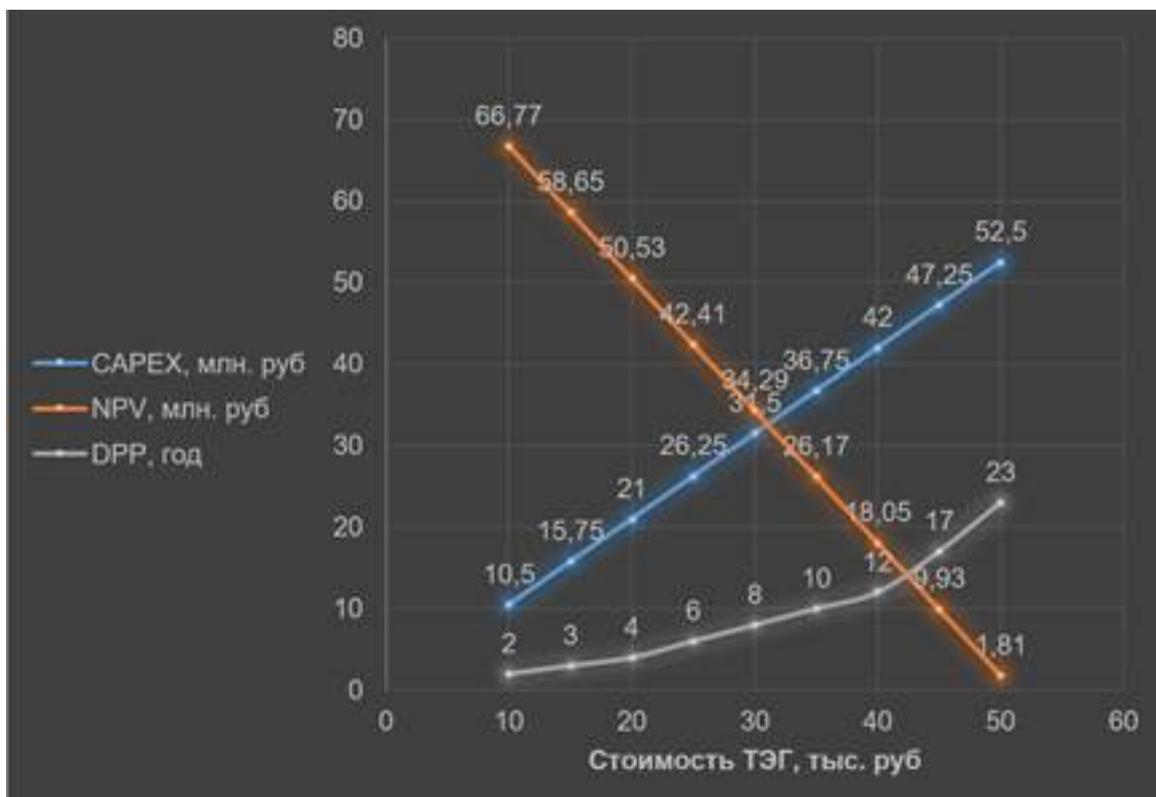
На рисунке 5 представлена диаграмма, которая отображает влияние стоимости электроэнергии на чистый дисконтированный доход (NPV) и дисконтированный срок окупаемости (DPP).



**Рисунок 5. График изменения DPP и NPV при изменении стоимости электроэнергии**

По графику видно, что с увеличением стоимости электроэнергии DPP убывает, а NPV возрастает. Следовательно, ожидаемое повышение стоимости электроэнергии является положительным фактором с точки зрения реализации проекта.

Также было рассчитано, как изменяются основные экономические показатели проекта при изменении стоимости ТЭГ. На рисунке 6 представлена диаграмма, которая отображает влияние стоимости ТЭГ на показатели DPP, NPV, и капитальных инвестиций CAPEX.



**Рисунок 6. График изменения CAPEX, DPP и NPV при изменении стоимости ТЭГ**

По графику видно, что с уменьшением стоимости ТЭГ CAPEX и DPP уменьшаются, а NPV возрастает. Следовательно, уменьшение стоимости ТЭГ является положительным фактором при реализации проекта.

### **Основные выводы:**

В данной работе был рассмотрен проект применения СТЭГ на ГПА-16. А именно: определен тип ТЭГ, применяемый в технологическом устройстве, составлена принципиальная технологическая схема системы охлаждения СТЭГ, был создан 3D эскиз данного устройства, произведен экономический анализ.

В ходе проделанной работы было выявлено, что:

- Переход на отечественные образцы ТЭГ, существенно уменьшит капитальные инвестиции в СТЭГ, и уменьшит срок окупаемости.
- Увеличение количества ТГМ в ТЭГ, за счет более плотного их расположения, увеличит выдаваемую мощность ТЭГ.
- Увеличение единичной мощности ТЭГ, позволит снизить капитальные инвестиции на единицу мощности СТЭГ.
- Целесообразно применять СТЭГ на ГПА, в районах с высокой стоимостью электроэнергии.
- Основным недостатком СТЭГ является его масса, более 6,5т.
- Преимуществом СТЭГ являются: долговечность, отсутствие шума, а также простота эксплуатации.

Исходя из проделанной работы можно предположить, что у СТЭГ есть перспективы на внедрение на ГПА, но данная проблема требует более детального изучения.

### **Список литературы:**

1. Поршаков Б.П., Калинин А.Ф., Купцов С.М., Лопатин А.С., Шотиди К.Х. Энергосберегающие технологии при магистральном транспорте природного газа.: Учебное пособие. - М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014 - 408 с.
2. Specifications of DW-WC-100W/ Devil Watt, 2017. - 4 с.