

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СГОРАНИЯ

**Г. А. АЛЕСКЕРОВ, Дж. С. РУСТАМЗАДЕ**

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,  
Баку, Азербайджан*

**Аннотация.** Синтетический природный газ (СПГ/SNG) представляет собой смесь паров сжиженного углеводородного газа (СУГ) и воздуха, которая может использоваться в качестве замены природного газа. Система синтетического газа для потребителей газораспределительной сети выполняет ту же функцию, что и электрогенератор для абонентов электросети: обеспечивает энергией в случае планового или внепланового прекращения подачи.

Рост спроса на природный газ и уголь, а также их высокая стоимость в недавнем прошлом обусловили необходимость поиска альтернативного топлива – синтетического природного газа (СПГ/SNG). В газовой промышленности для обозначения этого типа топлива применяются различные термины. SNG (Synthetic Natural Gas) переводится как «синтетический природный газ». Его нельзя отождествлять с LNG (сжиженный природный газ – СПГ) и также путать с LPG/СУГ (сжиженный нефтяной/углеводородный газ), так как последний обозначает именно нефтяной газ, а не синтетический [3].

Системы получения синтетического газа применяются в широком спектре отраслей: от промышленного газоснабжения до резервных систем. Они отличаются высокой температурой сгорания и могут использоваться для поддержания баланса в газораспределительных сетях городов. В развивающихся газовых рынках синтетический газ часто используется в качестве переходного топлива до ввода магистрального природного газа, что позволяет заранее создать нагрузку для будущей инфраструктуры.

В мировом масштабе сжиженный природный газ (LNG) считается экологически более чистым топливом среди ископаемых ресурсов благодаря удобству транспортировки и более низким выбросам CO<sub>2</sub>. Тем не менее, производство LNG является энерго- и капиталоемким процессом из-за значительных затрат на компримирование и охлаждение. Поэтому одной из ключевых задач отрасли остается повышение энергоэффективности технологических схем сжижения газа [2].

**Ключевые слова:** SNG, LNG, СУГ, пропан, бутан, зеленая энергетика, природный газ.

**Введение.** Синтетический природный газ (СПГ/SNG) по своей сути представляет собой смесь пропан-бутана и воздуха, по теплотворной способности близкую к метану. Такой газ используется для обеспечения непрерывной подачи топлива в котельные установки, производственные объекты, технологические линии и другие устройства, работающие на газовом топливе.

Для объяснения терминологии синтетического природного газа целесообразно начать с существующих понятий, связанных с сжиженным пропан-бутаном: LPG (Liquefied Petroleum Gas), SPB (сжиженный пропан-бутан), а также СУГ – сжиженный углеводородный газ. В международной практике все эти три понятия объединяются термином СУГ (сжиженный углеводородный газ).

Рассматриваемый синтетический природный газ получают искусственно – путем газификации углеводородного сырья (уголь, сланцы, биомасса и др.) и смешивания образовавшегося

газа с воздухом. Далее смесь очищается от примесей и загрязняющих компонентов. Полученный газ по чистоте может быть сопоставим с природным, однако не является углеродно-нейтральным, если только его производство не связано с биологическими источниками. В случае получения газа из биомассы образуется биосинтетический природный газ (Bio-SNG), который считается углеродно-нейтральным [4].

**Цель исследования.** Целью данного исследования является оценка эффективности применения синтетического природного газа (СПГ/SNG) в качестве альтернативного топлива вместо природного газа, а также обоснование способов повышения его теплотехнических и эксплуатационных характеристик.

Кроме того, в рамках работы ставится задача определения оптимального состава газовой смеси, обеспечивающей максимальную теплоту сгорания, устойчивое горение и минимальные потери энергии при транспортировке и использовании.

**Методы.** Для получения синтетического газа используются следующие основные технологические методы:

1. Паровая конверсия (SMR – Steam Methane Reforming).

Метод основан на взаимодействии СУГ с водяным паром, в результате чего образуются водород и оксид углерода (CO), которые затем могут быть подвергнуты метанации.

2. Частичное окисление (POX – Partial Oxidation).

СУГ реагирует с ограниченным количеством кислорода. Процесс протекает с выделением тепла и образованием синтез-газа (водород + CO).

3. Газификация.

Углеродсодержащее сырье (СУГ, уголь, биомасса) взаимодействует с кислородом и/или водяным паром, образуя синтетический газовый продукт.

4. Метанация.

Полученная смесь CO и H<sub>2</sub> подвергается реакции, в ходе которой образуется метан (CH<sub>4</sub>), являющийся основной составляющей синтетического природного газа.

Для оценки качества получаемого топлива используется число Воббе, которое определяется по формуле:

$$W.I = \frac{HHV}{\sqrt{S.G}}$$

где HHV – высшая теплота сгорания;

S.G – относительная плотность газа.

Чем выше число Воббе, тем выше энергетическая эффективность при сжигании газа в оборудовании стандартного типа.

**Результаты и обсуждение.** Анализ эксплуатационных данных и расчетов показал, что наиболее эффективной газовой смесью для получения синтетического природного газа является состав, включающий 65% СУГ и 35% осушенного воздуха. Такая смесь обеспечивает:

- Высокую теплоту сгорания;
- Стабильное горение без образования копоти и детонации;
- Минимальные теплотери при транспортировке и подаче потребителю;
- Близкое к природному газу число Воббе.

При сравнении с традиционными пропан-воздушными и бутан-воздушными смесями было выявлено, что стандартные соотношения (например, пропан–воздух – 68–32%) не являются

оптимальными. Для повышения теплотворной способности и сокращения затрат предложены следующие соотношения:

Пропан – воздух	68–32 %	60–40 %	Повышение температуры горения, лучшее смешивание
Бутан – воздух	65–35 %	65–35 % (оптимально)	Стабильное горение, минимальные потери
СУГ (пропан-бутан) – воздух	65–35 %	65–35 %	Соответствует теплотворной способности природного газа

Таблица 1. – Физические и химические показатели SNG

SNG	Относительная плотность газа	Теплотворная способность	Число Воббе
Пропан-воздух	1.361	63.89	54.76
Бутан-воздух	1.560	68.40	54.76
LPG-воздух	1.510	67.29	54.76

Причина того, что при разных смесях число Воббе остается почти одинаковым, заключается в правильном подборе содержания воздуха, обеспечивающем необходимое соотношение плотности и теплоты сгорания.

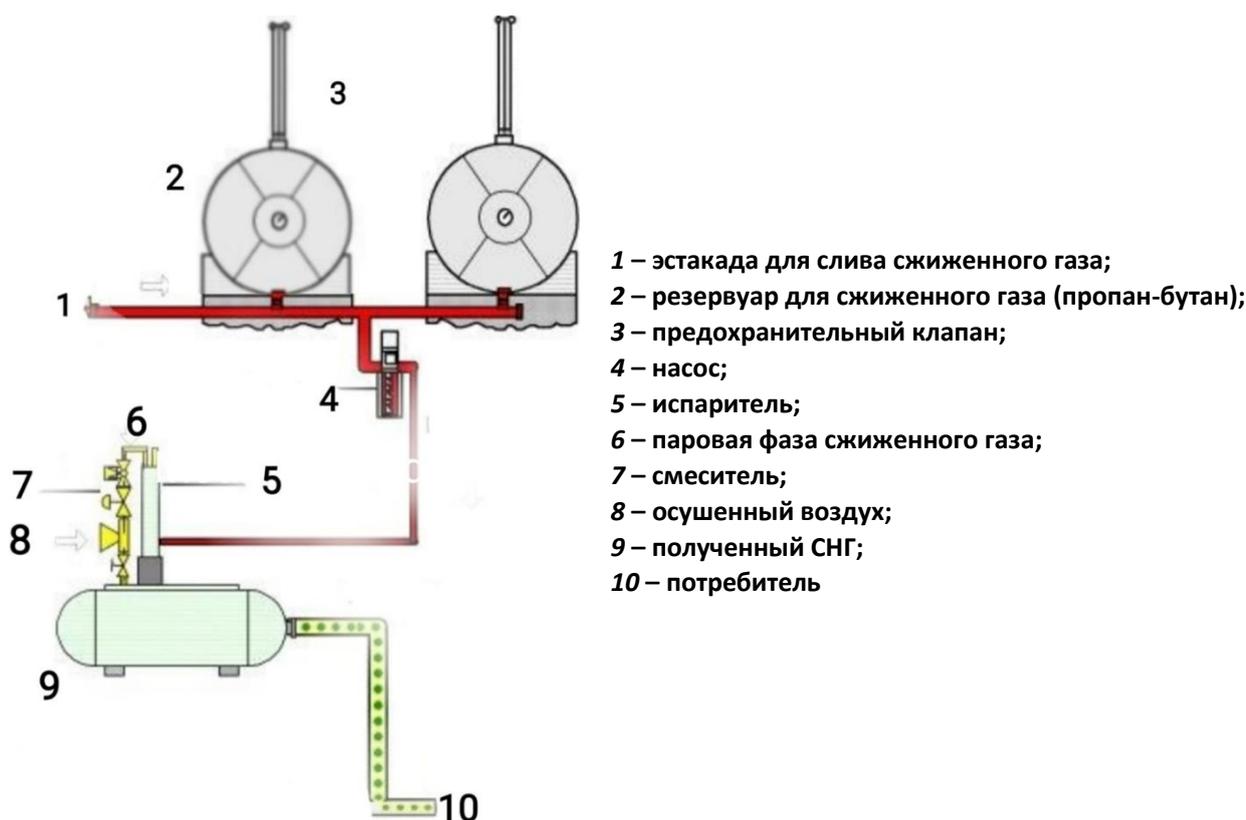


Рисунок 1. – Технология производства сжиженного нефтяного газа (СУГ)

**Дополнительно предложено:**

- Использовать равномерную подачу компонентов (СУГ и воздуха) к смесительной установке с одинаковой скоростью потока;
- Применять автоматизированные системы управления с элементами искусственного интеллекта для мониторинга температуры, давления и состава смеси без участия оператора;

- Внедрить дистанционное управление процессом смешивания и подачи газа.
- Эти меры позволяют повысить КПД системы, снизить эксплуатационные расходы и обеспечить надежность газоснабжения при отсутствии природного газа в магистрали.

**Заключение:**

1. Использование нового вида топлива, относящегося к «зеленой энергии», способствует снижению выбросов CO<sub>2</sub> в экосистеме.

2. Синтетический газ, являющийся новой альтернативой природному и сжиженному газу, подключается к городским газораспределительным сетям, обеспечивая бесперебойную подачу газа абонентам. Синтетический газ, подобно природному, транспортируется по трубопроводам, а также в виде сжиженного газа (LNG) в различных объемах.

3. Наиболее рациональным из предложенных нами методов является получение смеси синтетического природного газа, состоящей из 65 % сжиженного газа и 35 % осушенного воздуха.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Abdullah M. O., Tan I. A. W., & Lim L. S. Automobile adsorption air-conditioning system using oil palm biomass-based activated carbon: A review. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017.
2. İsmayilov A. M., & Cafarov T. V. Справочник работника газовой службы. – [Место изд-ва не указано]: [Издательство не указано], 2013.
3. Katla D., Jurczyk M., Skorek-Osikowska A., & Uchman W. Analysis of the integrated system of electrolysis and methanation units for the production of synthetic natural gas (SNG). – *Energy*, 2021. – № 237.
4. Kemalov R. A. Технологии нефти, газа и природных битумов. – [Место изд-ва не указано]: [Издательство не указано], 2018.
5. Menin L., Asimakopoulou K., Sukumara S., Rasmussen N. B. K., Patuzzi F., & Baratieri M. Competitiveness of syngas biomethanation integrated with carbon capture and storage. – *Biomass & Bioenergy*, 2022. – № 161.
6. G. Ələsgərov, C. Rüstəmzadə, L. Nurullayeva, Технология получения синтетического газа и повышение эффективности его сгорания. <https://doi.org/10.36962/pahtei37022024-53>. Journal: PAHTEI-Proceedings of Azerbaijan High Technical Educational Institutions, 2024, № 02, p. 53–60.