

*Kazan Federal University*  
**Сжижение природного газа**  
**Санчез Агредо Александр, Кемалов Руслан Алимович**  
***Kremlyovskaya St. 18, 420008, Kazan, Russian Federation***

**Abstract:** Природный газ, охлажденный после очистки от примесей до температуры конденсации ( $-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), превращается в жидкость, называемую сжиженным природным газом (СПГ). Объем газа при сжижении уменьшается в 600 раз. В промышленности применяются, как процессы сжижения природного газа с целью получения сжиженного природного газа, как конечного продукта, так и процессы сжижения в сочетании с процессами низкотемпературного фракционирования попутных и природных газов, позволяющие выделять из этих газов газовый бензин, бутаны, пропан и этан, а также извлекать гелий из гелиеносных природных и попутных газов.

**Key words:** Сжатый газ, конденсация, жидкость, фракционирование, бензин, бутаны, пропан и этан

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Сжатый газ (метан, природный газ, биогаз) достаточно давно используется как горючее для ДВС. Возможно переоборудование для работы на метане практически любых бензиновых двигателей (карбюраторных, инжекторных) и даже дизельных (хотя объем доработок последних существенно выше и это не всегда экономически целесообразно). Кроме традиционной добычи газа, метан можно получать при переработке органических отходов (биогаз). Метан - это тот самый природный газ, который по магистральным газопроводам поступает в города и сгорает в конфорках бытовых газовых плит

## **2. СПОСОБЫ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

- Классический каскадный цикл с последовательным использованием в качестве хладагентов пропана, этилена и метана путем последовательного снижения их температуры кипения.
- Цикл с двойным хладагентом – смесью этана и метана.
- Расширительные циклы сжижения.
- Новый способ «объединенный» автохолодильный каскадный цикл (ARC), в котором производится ступенчатая конденсация углеводородов с использованием их в качестве хладагентов в последующей ступени охлаждения при циркуляции неконденсирующегося азота.

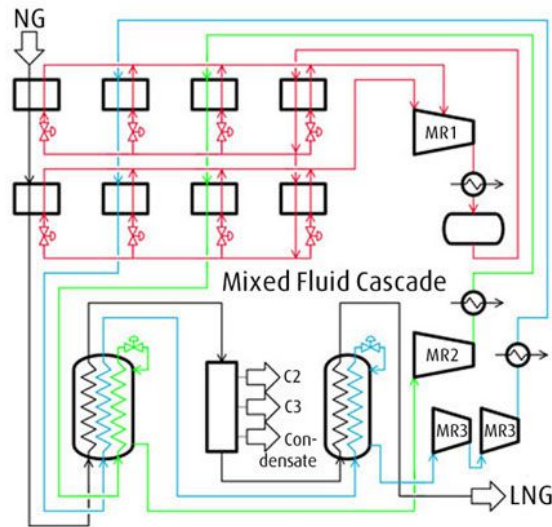


Рис. 1- Процесс сжижения Mixed Fluid Cascade

Каскадная схема, в которой отдельно используются три хладагента с последовательно снижающейся температурой кипения, требует больших капитальных, но меньших эксплуатационных затрат. Эта схема была последовательно усовершенствована; в настоящее время чаще применяется смесь хладагентов; новая схема называется самоохлаждающей, так как часть хладагента – этан и пропан – получаются из сжижаемого природного газа. Капитальные затраты при этом несколько ниже. В большинстве случаев в каскадных схемах используются поршневые компрессоры, сравнительно дорогостоящие как по капитальным, так и по эксплуатационным затратам

Расширительные схемы представляют существенный интерес, так как в них могут использоваться центробежные, более экономичные, машины, но расширительные циклы требуют затрат энергии на 20-30% больших, чем каскадные. Охлаждение достигается изэнтропийным расширением метана в турбодетандере. Поток газа, предварительно очищенного от воды, углекислого газа и других загрязнений, сжижается под давлением за счет теплообмена с холодным расширенным газовым потоком. Для получения одной части жидкости необходимо подвергнуть сжатию и расширению примерно 10 частей газа.

### 3. СВОЙСТВА СЖИЖЕННОГО МЕТАНА

Сжиженный природный газ не имеет запаха, бесцветный, не вызывает коррозии, не горюч и не токсичен. СПГ хранится и транспортируется при сверхнизких температурах при атмосферном давлении (отсутствие высоких давлений). При

воздействии на окружающую среду СПГ быстро испаряется, не оставляя следов на воде или почве.

Таблица 1. Свойства сжиженного метана

Показатель	Значение
Молекулярный вес	16,04
Относительный удельный вес	0,555
Критическая температура	-82,5°C
Критическое давление	45,8 кг/см <sup>2</sup>
Точка кипения при атмосферном давлении	-161,5°C
<u>Плотность сжиженного газа</u> (жидкая фаза при температуре точки кипения)	415 г/л
Плотность газовой фазы:	
при температуре точки кипения	1,8 г/л
при 0°C	0,045 г/л
Теплота испарения	122-138 ккал/г
Теплосодержание	73,27 ккал/г

#### 4. КОМПЛЕКСЫ ПО СЖИЖЕНИЮ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Комплексы по сжижению природного газа производительностью от 5 до 250 тонн СПГ в сутки.



Рис. 2- Комплексы по сжижению природного газа

## **5. ВЫВОДЫ**

Сжижение завершается однократной сепарацией (изоэнтальпийное расширение после регулируемого штуцера) для снижения давления сжиженного газа до атмосферного.

Установки сжижения являются большими потребителями энергии. Эта энергия обычно производится за счет потребления части сжижаемого газа (в тепловом эквиваленте около 12%). На практике в режиме нормальной работы в общем случае используются вместо сырого газа один или несколько производных продуктов, получаемых обязательно при фракционировании

## **6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Сооружение завода по сжижению газа является решающим звеном в производственно-сбытовой цепочке СПГ. На него приходится наибольшая доля общих затрат. Для энергоснабжения завода по сжижению может потребоваться тепловая электростанция (900 МВт). Поэтому затраты на эксплуатацию завода по сжижению составляют существенную часть общих затрат в производственно-сбытовой цепочке СПГ, и во многом их величина зависит от энергоэффективности установки

## **7. ССЫЛКИ**

1. «Производство и использование сжиженных газов за рубежом (Обзор зарубежной литературы)» (Москва, ВНИИОЭНГ, 1974)
2. «Энциклопедия газовой промышленности» (1994)
3. В.В. Имшенецкий, Ю.Н. Орлов - «Технология СПГ – перспективный вариант освоения ресурсов газа п-ва Ямал» (Москва, 2005)
4. «Производство и использование сжиженных газов за рубежом (Обзор зарубежной литературы)» (Москва, ВНИИОЭНГ, 1974)