

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС APCI SMR

Галиев Руслан Наилевич, ruslangalievn1@yandex.ru

*Kazan Federal University, Kremliovskaya str, 18, 420008, Kazan, Russian Federation*

**Abstract:** Процесс SMR - Single Mixed Refrigerant - один из первых процессов, примененных компанией APCI (Air Products and Chemicals Inc.) в крупнотоннажном производстве СПГ (Ливия, 1970).

**Keywords:** СПГ, технологический процесс, single mixed refrigerant

Процесс SMR относится к процессам с одним холодильным циклом на смешанном хладагенте, обладает низкой производительностью. В связи с этим технологические линии завода в Марса Эль Брэга производили всего 0,8 млн т СПГ в год каждая.

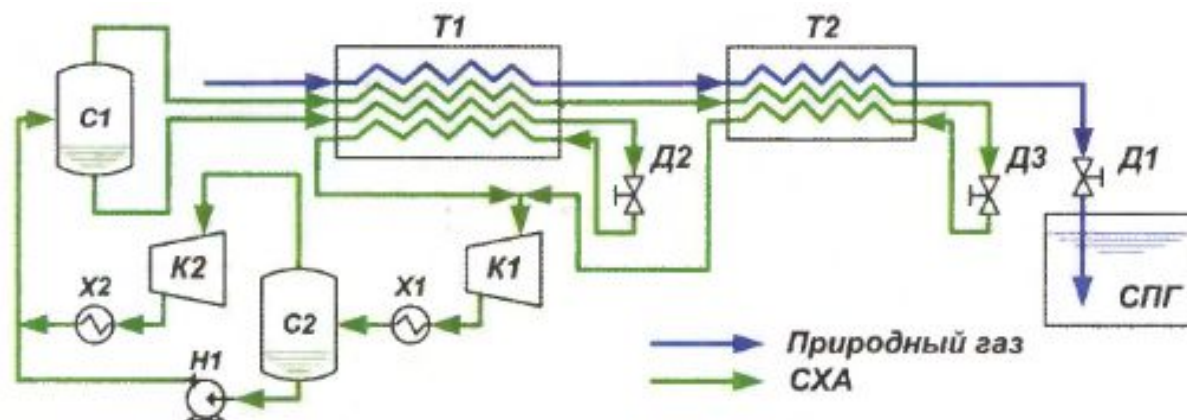


Рисунок 1 - Принципиальная технологическая схема процесса APCI SMR

Хладагент, состоящий из смеси азота, метана, этана, пропана и нормального бутана, сжимается в двухступенчатом компрессоре  $K1$ ,  $K2$  и охлаждается в воздушных или водяных холодильниках  $X1$ ,  $X2$  на промежуточной и финальной ступенях компрессора. Сжатый и частично сконденсировавшийся хладагент разделяется в сепараторе  $C2$  на жидкую и газовую фазы и отдельными потоками подается в трубные пучки в нижней части спиральновитого криогенного теплообменника -  $MSHE$  (на рисунке теплообменники  $T1$  и  $T2$  показаны отдельно, но в реальности являются частями одного криогенного теплообменника). Пройдя теплую часть  $T1$  криогенного теплообменника, жидкая фаза охлаждается до температуры порядка  $-100$  °С и выводится через боковой штуцер, дросселируется и возвращается обратным потоком в межтрубное пространство теплообменника для охлаждения природного газа, газовой и жидкой фаз высокого давления многокомпонентного хладагента. Газовая фаза хладагента высокого давления проходит холодную часть  $T2$  криогенного теплообменника, на выходе из него дросселируется и также возвращается обратным потоком в межтрубное пространство

теплообменника для охлаждения потока природного газа и потока газовой фазы хладагента высокого давления.

Основной криогенный теплообменник может состоять из двух и из трех частей. В этом случае газовая фаза смешанного хладагента после частичной конденсации в теплой части теплообменника  $T1$  разделяется в сепараторе и возвращается в теплообменник двумя потоками для дальнейшего охлаждения. Затем после средней части теплообменника конденсат газовой фазы выводится и дросселируется, а на холодном конце теплообменника - оставшаяся газовая фаза.

Природный газ поступает на установку сжижения под давлением 5-6 МПа, при прохождении криогенного теплообменника охлаждается, конденсируется и переохлаждается. Выйдя из теплообменника при высоком давлении, сжиженный природный газ расширяется в дросселе или детандере до давления, при котором СПГ будет храниться, и направляется в криогенный резервуар для хранения.

Преимущества технологии APCI SMR:

- 1) простота;
- 2) малое количество оборудования;
- 3) пониженное потребление углеводородов в холодильном цикле.

В настоящее время компания *APCI* предлагает эту технологию для средне- и малотоннажного производства СПГ (0,5-1,5 млн т в год) и для плавучих заводов СПГ.

Использование холодильного цикла со смешанным хладагентом и многопоточного спиральновитого криогенного теплообменника позволило уменьшить число единиц оборудования и более гибко регулировать процесс сжижения. Однако, термодинамическая эффективность процесса с однопоточным холодильным циклом на смешанном хладагенте в целом ниже, чем у оптимизированного каскадного процесса, в частности, из-за термических потерь, вызванных конденсацией смеси компонентов с сильно различающимися температурами кипения. Компромиссом между простотой технологической схемы и энергоэффективностью стало использование смешанного хладагента в основном цикле сжижения и применение цикла предварительного охлаждения [1].

## **ССЫЛКИ**

[1] Фёдорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. - М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011.