

УДК 621.593

¹С.П. Горбачев, доктор техн. наук; ²И.С. Медведков, канд. техн. наук^{1,2}ООО «Газпром ВНИИГАЗ», п. Развилка, Ленинский район Московской области, РФ, 115583e-mail: ¹s_gorbachev@vniigaz.gazprom.ru; ²i_medvedkov@vniigaz.gazprom.ruORCID: ¹http://orcid.org/0000-0002-0201-3046; ²http://orcid.org/0000-0002-8904-0425

ОСОБЕННОСТИ МАЛОТОННАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА СПГ НА ГАЗОПРОВОДАХ НА ОСНОВЕ ДРОССЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Сжиженный природный газ (СПГ) всё шире используется в качестве эффективного энергоносителя. Его производство выгодно организовывать в газопроводных сетях высокого и низкого давлений с применением различных дроссельных циклов. Рассмотрено производство СПГ по циклам высокого давления на газопроводах низкого давления (полузакрытые циклы) и газораспределительных станциях (открытые циклы). Показано, что при сжижении происходит деградация компонентного состава циркулирующего газа (полузакрытые циклы) или сжиженного газа (открытые циклы). При этом уменьшается производительность установок или снижается качество СПГ. Предложены технические решения, устраняющие деградацию состава и позволяющие производить СПГ высокого качества.

Ключевые слова: Природный газ. Ожижение. Сжиженный природный газ (СПГ). Малотоннажное производство СПГ. Цикл высокого давления. Очистка от диоксида углерода. Газораспределительная станция.

1. ВВЕДЕНИЕ

Технологии производства сжиженного природного газа на основе дроссельных циклов являются наиболее простыми и надежными.

Эти технологии используются для сжижения природного газа на распределительных газопроводах (давление 0,5–0,6 МПа) в полузакрытых циклах и на газораспределительных станциях магистральных газопроводов (давление 3,0–4,0 МПа) — открытых циклах [1,2].

В открытых циклах газ из газопровода сжимается в компрессоре, охлаждается в регенеративных теплообменниках, дросселируется, частично сжижается и обратным потоком выводится из цикла в газопровод низкого давления. В полузакрытых циклах обратный поток газа поступает на всас компрессора, смешивается с газом из газопровода, сжимается и повторно поступает на сжижение.

Одна из проблем при реализации этих технологий состоит в изменении компонентного состава СПГ по сравнению с составом исходного газа, поступающего в теплообменник установки. Изменение состава обусловлено тем, что газ сжижается частично. В условиях фазового равновесия содержания высококипящих компонентов (C_{2+} , CO_2) и низкокипящих (N_2) в жидкости и паре оказываются различными.

Ниже рассматриваются вопросы изменения состава СПГ при его производстве по различным технологиям. При анализе использовались результаты численного расчёта установки с параметрами: давление газа после компрессора — 20 МПа, давление СПГ — 0,6 МПа. Изотермический КПД компрессора

принят равным 0,5. Исходный газ имеет следующий состав (мольные доли): метан — 90 %, этан — 3 %, пропан — 1,5 %, бутан — 0,5 %, азот — 5 %.

2. ПРОИЗВОДСТВО СПГ НА ГАЗОПРОВОДАХ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Производство СПГ на газопроводе низкого давления с однократным дросселированием осуществляется по схеме, представленной на рис. 1, а.

Газ из распределительного газопровода с давлением 0,6 МПа направляется на вход двухступенчатого компрессора с воздушным охлаждением после каждой ступени, имеющего изотермический КПД 0,5. Сжатие в компрессоре осуществляется до 20 МПа. Затем прямой поток охлаждается обратным потоком в теплообменнике и дросселируется в сборник-сепаратор до давления 0,6 МПа. Обратный поток возвращается на всасывание в компрессор (полузакрытый цикл).

Если в качестве исходного газа рассматривать чистый метан, то коэффициент сжижения (влажность после дросселирования) равен 0,2. При сжижении исходного газа высококипящие компоненты растворяются в жидкости, и на вход компрессора возвращается газ с низким содержанием высококипящих компонентов. В то же время низкокипящие компоненты природного газа (азот) не конденсируются в жидкости и возвращаются обратным потоком в компрессор. В нём обратный поток смешивается с поступающим газом из газопровода низкого давления, и содержание низкокипящих компонентов (азота) в газе на выходе из компрессора увеличивается по сравнению с составом исходного газа.