

УДК 621.565:621.59

М.Б. Кравченко, канд. техн. наук

Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, г. Одесса, 65039

e-mail: kravtchenko@i.uaORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9310-2166>

НЕКРИОГЕННЫЙ СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЕЛИЯ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Рассмотрена перспективная некриогенная технология извлечения гелия из природного газа в мембранной установке, работающей в нестационарном режиме. Разделяющая мембрана в этой установке имеет форму замкнутой микросферы. Микроскопические размеры стенок таких капсул обеспечивают высокую скорость диффузии газов, недостижимую в установках со стационарным режимом работы. Разработана волновая методика расчета мембранных установок с нестационарным режимом работы. Расчёт проводится разложением входного концентрационного сигнала в ряд Фурье по собственным частотам данного периодического процесса. При этом каждая из собственных концентрационных волн, независимо от других, проходит через слой микрокапсул. На выходе все решения для отдельных собственных волн суммируются. На конкретном примере извлечения гелия из природного газа продемонстрированы возможности новой технологии извлечения гелия. Показано, что пропускание природного газа через установку с тремя аппаратами длиной 10 м, заполненными ценосферами, позволяет достичь коэффициента извлечения гелия 33 %.

Ключевые слова: Природный газ. Гелий. Ценосферы. Извлечение. Нестационарный режим работы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Гелий — редкий и невозобновляемый природный ресурс, который активно используется в технологиях, определяющих технический прогресс человечества.

Гелий находит применение в атомной энергетике, космонавтике, авиации, лазерной технике, медицине и других областях человеческой деятельности. Поэтому мировой спрос на гелий постоянно растёт. Мировое потребление гелия уже достигло 180 млн. кубометров в год. Прогнозируется, что к 2030 г. потребление гелия возрастёт до 300 млн. кубометров. Если к этому времени не появятся новые технологии извлечения гелия, то начнёт ощущаться мировой дефицит гелия, который приведёт к стремительному росту цен на это сырьё.

В настоящее время практически весь гелий добывается из природного газа путём конденсации метана и других углеводородов при криогенных температурах. Неконденсируемые газы: азот, гелий, водород и другие примеси, отводятся для дальнейшего разделения и очистки.

Криогенная технология извлечения гелия из природного газа имеет ряд недостатков.

Во-первых, это высокая стоимость оборудования для криогенного извлечения гелия, что делает экономически оправданной работу только крупных установок. Из-за этого гелий не извлекается из природного

газа, добываемого на удалённых месторождениях, так как транспортировка газа от этих месторождений к заводам по извлечению гелия оказывается экономически нецелесообразной.

Во-вторых, криогенная технология получения гелия является очень энергоёмкой из-за необходимости охлаждения всего природного газа до криогенной температуры ради извлечения сравнительно небольшого количества гелия. По этой причине извлечение гелия из природного газа, в котором содержание гелия менее 0,05 %, считается экономически нецелесообразным.

Для того, чтобы в ближайшие десятилетия дефицит гелия не стал тормозом технического прогресса, необходимо уже сейчас разрабатывать новые технологии извлечения гелия из природного газа. Эти технологии должны быть менее капиталоемкими, что позволит извлекать гелий из природного газа прямо по месту его добычи. Кроме того, новые технологии извлечения гелия должны обеспечить экономическую целесообразность извлечения гелия на месторождениях с содержанием гелия менее 0,05 %, так как большая часть природного газа добывается именно на таких месторождениях.

Перспективной технологией для извлечения гелия из природного газа является мембранная технология разделения газовых смесей. Принципиальным преимуществом этой технологии является то, что