

УДК 621.56

**М.Б. Кравченко**, кандидат технических наук

Одесская национальная академия пищевых технологий, Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики имени проф. В.С.Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail:kravtchenko@i.ua

## НЕКРИОГЕННЫЙ СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕОНОГЕЛИЕВОЙ СМЕСИ

*В новом типе мембранных установок разделение газовых смесей происходит в нестационарном режиме. Разделяющая мембрана в таких установках имеет форму замкнутой микрокапсулы. Микроскопические размеры стенок таких капсул обеспечивают высокую скорость диффузии газов, недостижимую в установках со стационарным режимом работы. Разработана методика расчёта мембранных установок разделения газовых смесей с нестационарным режимом работы. Расчет проводится разложением входного концентрационного сигнала в ряд Фурье по собственным частотам данного аппарата. При этом каждая из собственных частот, независимо от других, проходит через рассматриваемый слой микрокапсул. На выходе из этого слоя все решения для отдельных собственных частот суммируются. На конкретном примере разделения неонгелиевой смеси продемонстрирована эффективность предложенной модели. Показано, что однократное пропускание неонгелиевой смеси через установку с двумя аппаратами длиной 2 м, заполненными ценосферами, позволяет уменьшить концентрацию гелия почти на порядок.*

**Ключевые слова:** Разделение. Газовая смесь Ne-He. Гелий. Мембраны. Ценосферы. Нестационарный режим работы.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время хорошо изученные стационарные процессы мембранного разделения газовых смесей находят практическое применение, например, для получения азота из воздуха, извлечения водорода из циркуляционных газов в установках синтеза аммиака и т. п. [1]. Методики расчётов мембранных аппаратов, работающих в стационарном режиме, доведены до инженерного использования.

Совершенно иная ситуация складывается при проектировании установок мембранного разделения газовых смесей, работа которых происходит в нестационарном режиме. Такие установки могут найти применение, например, для извлечения гелия из природного газа [2, 3]. Разделяющая мембрана в них имеет форму замкнутой микросферы или микрокапсулы. Микроскопические размеры — их основное преимущество, так как через тонкие стенки обеспечивается высокая скорость диффузии газов, недостижимая в аппаратах со стационарным режимом работы. Дальнейшее уменьшение размеров микрокапсул, вплоть до наноразмеров, может привести к радикальному повышению эффективности установок мембранного разделения газов.

В то же время, существующие методики расчётов установок мембранного разделения газовых смесей, работающих в нестационарном режиме, слишком сложны для практического применения [4].

В данной работе предложен новый метод расчёта процессов в мембранных установках для нестационарного разделения газовых смесей, отличающийся относительной простотой практической реализации.

### 2. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ЗАМКНУТОЙ МЕМБРАНЕ

В золе, образующейся при сжигании угольной пыли на ТЭЦ, содержатся полые алюмосиликатные микросферы — ценосферы. Размеры ценосфер варьируются в диапазоне от нескольких десятков до сотен микрон. Свойства материала стенок ценосфер близки к свойствам стекла. Поэтому коэффициент проницаемости оболочек ценосфер для гелия на много порядков больше, чем проницаемость для других газов.

Одной из перспективных возможностей использования ценосфер является диффузионная технология разделения газовых смесей, основанная на селективной проницаемости оболочки полых микросфер для гелия и других газов. Схема установки для реализации технологии извлечения гелия из газовой смеси аналогична схеме установки для разделения газовых смесей методом короткоциклового безнагревной адсорбции.

Рассмотрим конкретный пример поглощения гелия из неонгелиевой смеси в слое ценосфер, получаемых из энергетической золы тепловых электростанций. Один из вариантов реализации установки для разделения смеси гелий приведён на рис. 1.

Установка содержит два аппарата, заполненные ценосферами. Для уменьшения габаритов аппаратов за счет увеличения проницаемости стенок ценосфер для гелия, эти аппараты могут работать при повышенной температуре. Аппараты с ценосферами работают периодически: один — работает в режиме поглощения, другой — регенерации. Когда открыты клапаны группы а, аппарат 1а работает в режиме пог-