

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН  
АО «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «АЛТАЙ»  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФАРМАКОЛОГИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ  
ИМЕНИ Е.Д. ГОЛЬДБЕРГА  
ТП «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ»  
ТП «МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО»  
ЯПОНСКОЕ АГЕНСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ЭДИНБУРГА  
ЛИОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ I ИМ. КЛОДА БЕРНАРА  
КОМПАНИЯ MACH I, INC.

# **ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ДЕМИЛИТАРИЗАЦИЯ, АНТИТЕРРОРИЗМ И ГРАЖДАНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

Сборник тезисов  
XIV Международной конференции «НЕМs-2018»  
3–5 сентября 2018 года  
(г. Томск, Россия)

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2018

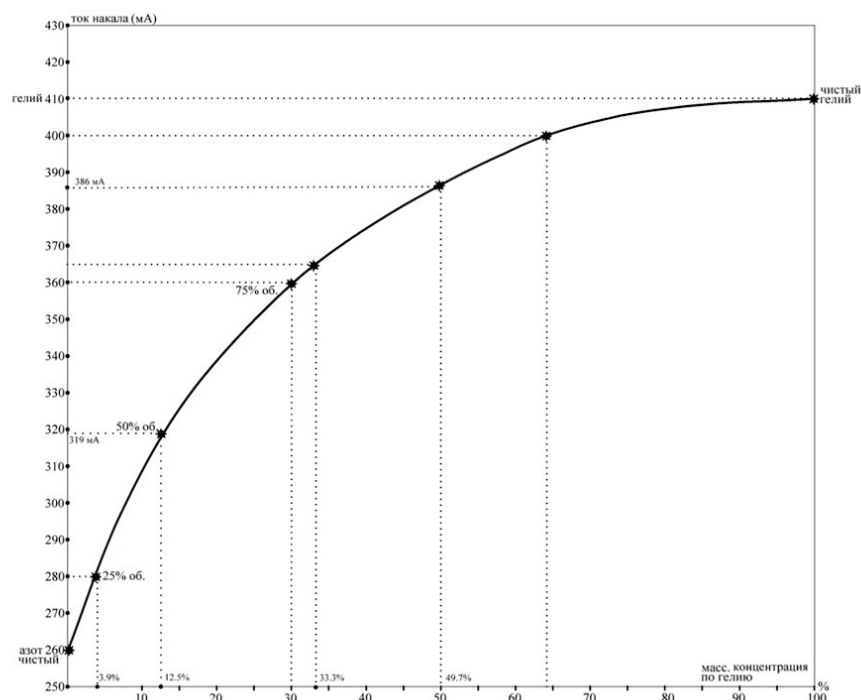


Рис. 1. Тарировочная кривая для определения содержания гелия в смеси азот-гелий

### Литература

1. Арджун Макхиджани, Луис Шалмерс и Брайс Смит. Обогащение урана: факты к содержательной дискуссии о ядерном распространении и атомной энергии // ИЕЕР. Энергетика и Безопасность. 2002. № 31. С. 12–49.
2. Бондаренко В.Л., Дьяченко О.В., Симоненко Ю.М. Получение концентрата Ne в вихревых камерах // Холодильная техника и технология. 2006. № 2. С. 13–18.
3. Бондаренко В.Л., Архаров И.А., Симоненко Ю.М. Совершенствование технологий и создание оборудования для выделения из природного газа неона его изотопов  $^{20}\text{Ne}$  и  $^{22}\text{Ne}$  // Технические газы. 2006. № 6. С. 12–18.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа : учебник для вузов. 7-е изд., испр. М. : Дрофа, 2003. 840 с.

## К ВОПРОСУ О ВЫДЕЛЕНИИ ГЕЛИЯ ИЗ БИНАРНОЙ СМЕСИ ГАЗОВ ( $\text{He} + \text{N}_2$ )

Романдин В.И., Демиденко А.А., Обьедков А.Ю.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск  
E-mail: romandin@niipmm.tsu.ru

Многочисленные методы разделения газовых смесей основаны на использовании тех или иных отличий в свойствах входящих в смесь веществ.

Существуют следующие основные методы разделения газовых смесей: конденсация, сорбционные методы, мембранное разделение.

Сорбция – метод выделения и очистки веществ, основанный на поглощении твердым телом (адсорбция) или жидкостью-сорбентом (абсорбция) различных веществ (сорбатов) из газовых или жидких смесей. Сорбционные методы основаны на различной сорбционной способности компонентов каким-либо поглотителем. Благоприятными условиями для сорбции, то есть для поглощения газа, являются низкая температура и высокое давление.

Мембранный метод разделения газовых смесей основан на использовании микропористых перегородок (или мембран), проницаемых для молекул одного вида и непроницаемых для молекул другого вида. В мембранном методе разделения исключены высокие давления и низкие температуры.

Метод конденсации основан на различии температур кипения компонентов. Суть метода конденсации заключается в том, что при охлаждении газовой смеси более высококипящие компоненты конденсируются первыми и отделяются в сепараторах. При разделении газов методом глубокого охлаждения газовую смесь охлаждают до очень низких температур, при этом происходит последовательное сжижение составляющих компонентов, каждая фракция переходит в жидкое состояние при своей температуре.

Другие методы разделения газов также основаны на использовании разницы в физических свойствах разделяемых газов: термофорез (термодиффузия), электромагнитное разделение по парамагнитным и диамагнитным свойствам разделяемых газов, аэродинамическая сепарация.

В термодиффузионном методе используется диффузия в противоположных направлениях тяжелых и легких молекул различных газов под действием температурного градиента. При использовании этого метода для разделения газов возможно использование и явления тепловой поляризации тел в потоке газа, а также использование изотермического переноса тепла в газах [1].

Электромагнитный метод [2] основывается на том, что все газы являются или парамагнетиками или диамагнетиками. Данный метод разделения применим только для выделения из смеси газов какого-то одного газа, заметно отличающегося парамагнитными свойствами от другого. Например, под воздействием магнитного поля парамагнетик (азот) будет притягиваться к поверхности электромагнита, а диамагнетик (гелий) отталкиваться, и таким образом возникнет радиальный градиент концентрации газов в смеси, которую уже можно разделить аэродинамическим методом.

Разделение газов аэродинамическим методом происходит во вращающемся потоке за счет поля центробежных сил. В циклонных камерах или в вихревых трубах образуются периферийные слои с большей молекулярной массой и повышенной температурой. Одновременно в осевой области формируется поток, состоящий из холодных легких фракций [3–6].

Комбинируя методы электромагнитного разделения и аэродинамической сепарации возможно создание эффективного аппарата в виде вихревой трубы с подмагничиванием стенок этой трубы. Тогда, при разделении азотно-гелиевой смеси, где азот – парамагнетик будет

прижиматься к стенке трубы, усиливая центробежные силы более тяжелых молекул азота, а молекулы гелия – диамагнетика будут вытесняться к центру потока. Приведенные особенности физических свойств азота и гелия могут дополнительно способствовать их аэродинамическому разделению. Для более качественного разделения этих газов необходимо применение каскадной системы таких вихревых труб.

### Литература

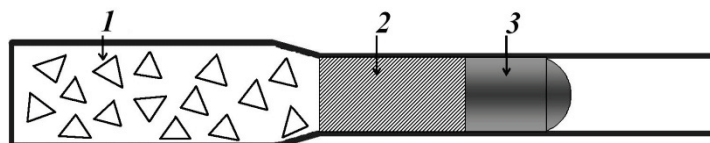
1. Баканов С.П. Термофорез в газах при малых числах Кнудсена // Успехи физических наук. 1992. Т. 162, № 9. С. 133–150.
2. Авторское свидетельство № 990310. МПК В03С 1/00, В01D 35/06. Аппарат для разделения газа / А.М. Машанов. Заявлено 21.07.1980 ; опубл. 23.01.83. Бюл. № 3 (53). 3 с.
3. Бондаренко В.Л., Архаров И.А., Симоненко Ю.М. Совершенствование технологий и создание оборудования для выделения из природного неона его изотопов  $^{20}\text{Ne}$  и  $^{22}\text{Ne}$  // Технические газы. 2006. № 6. С. 12–18.
4. Бондаренко В.Л., Дьяченко О.В., Симоненко Ю.М. Получение концентрата  $^{20}\text{Ne}$  в вихревых камерах // Холодильная техника и технология. 2006. № 2. С. 13–18.
5. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М. : Машиностроение, 1969. 185 с.
6. Семенов А.П., Котелев М.С., Винокуров В.А. Исследование газогидратного процесса разделения метан-гелиевых смесей // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17, № 3. С. 159–166.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА ВЫСТРЕЛА С ПРИСОЕДИНЕННЫМ ЗАРЯДОМ ИЗ ПАСТООБРАЗНЫХ ТОПЛИВ

Ищенко А.Н., Дьячковский А.С., Зыкова А.И., Саморокова Н.М.

*Научно-Исследовательский Институт прикладной математики и механики  
Томского государственного университета, г. Томск  
E-mail: Lex\_okha@mail.ru*

Рассматриваемая проблема влияния начальной температуры заряда на баллистические характеристики выстрела с присоединенным зарядом (ПЗ) из пастообразных топлив, является мало изученной. Выстрел с ПЗ (нетрадиционная схема заряжания выстрела) позволяет решить проблему «эффекта насыщения» возникающую при использовании классической схемы заряжания. Данная схема заряжания выстрела позволяет перераспределить энергию в заснарядном пространстве и повысить дульную скорость метаемого элемента (МЭ) [1]. Основные компоненты используемой схемы выстрела представлены на рис. 1.



1 – пороховой заряд; 2 – присоединенный заряд; 3 – метаемый элемент

Рис. 1. Основные компоненты схемы выстрела