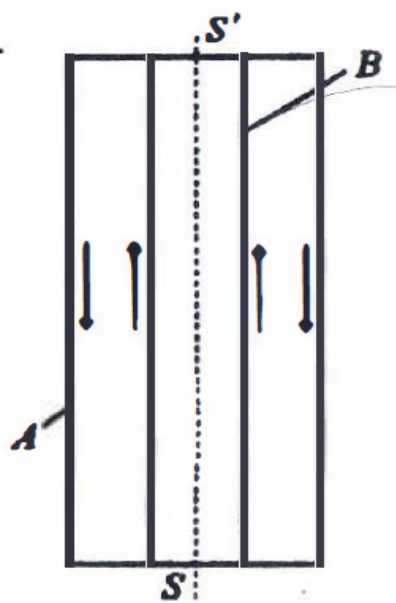


**Заявка на изобретение Ф. Ланге и В.А. Маслова  
«Термоциркуляционная центрифуга»**

Не ранее 1 января -  
не позднее 3 февраля 1941 г.

Настоящим предлагается способ разделения изотопов урана еще более эффективный и более простой, чем метод многокамерной центрифуги, изложенный нами в качестве дополнения к предложению № 5303.



**Рис. 1**

Метод термоциркуляционной центрифуги, аналогично известному термодиффузионному методу разделения изотопов, представляет собой совокупность двух процессов: собственно процесса разделения (в нашем случае - центрифугирования) и вспомогательного процесса - термоциркуляции. Разумеется, ни о каком сравнении с точки зрения эффективности между термодиффузией и методом, предлагаемым нами, не может идти и речи, ибо степень разделения, достигаемая центрифугированием, в тысячи раз превышает таковую при термодиффузии. При этом об экономической стороне вопроса нет необходимости и говорить, так как хорошо известно, что на обогащение смеси уранов легкой разновидностью последнего при термодиффузионном методе должно быть затрачено столько же энергии, сколько может быть ее выделено из урана при дальнейшем его использовании. Затраты же, связанные как с многокамерным процессом, так и с термоциркуляционным,

очень невелики (энергия в них расходуется лишь на вращение сосуда и создание разности температур порядка одного градуса).

Суть метода термоциркуляционного центрифугирования в следующем.

Пусть мы имеем цилиндрический сосуд *A* (рис. 1), наполненный смесью паров двух каких-нибудь веществ. При вращении такого цилиндра вокруг осн *SS'* на содержимое сосуда будут действовать центробежные силы. Вследствие этого от периферии к центру вдоль радиуса в сосуде установится некоторое (в соответствии с окружными скоростями) различие концентраций. При этом это различие в концентрациях по всей высоте (во всех сечениях цилиндра, перпендикулярных его оси) будет одинаковым. Предположим

теперь, что нам удалось создать внутри цилиндра два потока. Один поток, идущий вдоль периферии сверху вниз, и другой, идущий вдоль оси цилиндра снизу вверх.

Очевидно, что при наличии таких потоков смесь паров при движении вдоль стенок сосуда внизу будет непрерывно обогащаться более тяжелой составляющей (в случае центрифугирования соединений урана – молекулами, содержащими тяжелый изотоп последнего), в то время как смесь паров, движущихся вдоль оси вверх, будет обогащаться более легкой составляющей (в случае урана – молекулами, содержащими его легкий изотоп). Этот процесс вполне аналогичен тепловой циркуляции в процессе термодиффузии.

Очевидно, что увеличение концентрации вдоль оси цилиндра будет идти весьма быстро, так как в каждом последующем сечении происходит обогащение смеси в некоторое количество раз, уже обогащенной в то же количество раз в предыдущем сечении, и т.д. Таким образом, ясно, что при сочетании центрифугирования с упомянутыми выше потоками, при достаточно большой длине сосуда (порядка метра) уже при сравнительно небольших окружных скоростях (от 100 до 200 метров в секунду) может быть достигнута очень высокая степень обогащения смеси, которая может быть помещена в резервуарах в верхней и нижней частях цилиндрического сосуда. При этом смесь в верхнем резервуаре будет обогащаться легкой составляющей, в нижнем – тяжелой.

Удобно в этих резервуарах иметь обогащаемую смесь в виде жидкости, так как при этом в одном и том же объеме мы сможем иметь значительно большие количества обрабатываемого вещества. Поддержания вещества в резервуаре в виде жидкой фазы можно всегда добиться регулировкой температуры или же просто увеличением диаметра цилиндра в местах нахождения резервуаров (это кольцеобразные сосуды, внешней стенкой которых служит боковая поверхность цилиндра), что приведет соответственно к увеличению давления в последних.

Второй способ более предпочтителен, ибо общее повышение температуры приводит к уменьшению коэффициента разделения, а также производительности метода. Создание потоков вдоль периферии (сверху вниз) и вдоль оси (снизу вверх) может быть осуществлено заданием очень незначительной (порядка одного или нескольких градусов) разности температур между периферией и центральной частью сосуда (центральная его часть должна быть несколько теплее).

Существование разности температур приведет к тому, что в результате действия гравитации менее теплые, а потому и более тяжелые слои смеси около периферии будут

опускаться вниз, а более теплые и потому менее плотные слои смеси паров около стенок внутреннего цилиндра будут подниматься вверх, т.е. разность температур между периферией и центром приведет к термоциркуляции.

Создание разности температур между периферией и центральной частью сосуда может быть осуществлено помещением внутри последнего нагретого цилиндра В (см. рис. 1) небольшого радиуса, [расположенного] концентрично с боковой поверхностью цилиндрического сосуда. Этот внутренний цилиндр может нагреваться как электрической печью, так и пропусканием сквозь него потока теплой жидкости или газа. Для создания в сосуде градиента температуры может быть использовано и, имеющее место при вращении сосуда, трение его о воздух. Для этого достаточно просто оставить внутренний цилиндр снизу открытым, вследствие чего из-за худших условий для теплоотдачи центральная часть сосуда, несмотря на меньшую окружную скорость, окажется теплее периферии, т.е. внешнего цилиндра.

Другой возможностью применения термоциркуляции является использование ее для уравнивания концентраций соответственно между перифериями и центрами двух соседних камер многокамерной центрифуги. Такой способ осуществления циркуляции по сравнению с другими способами обладает весьма существенными преимуществами.

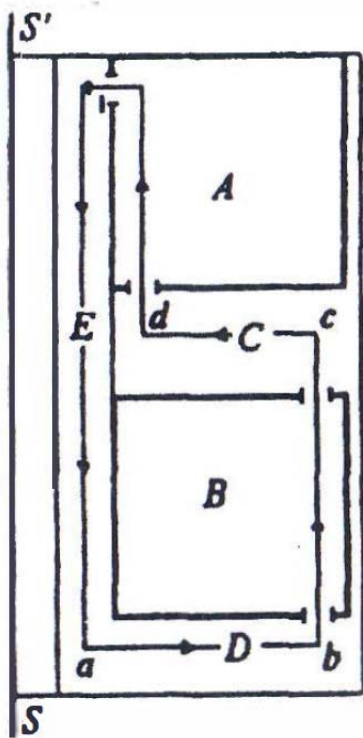


Рис. 2

Главным из них является автоматическое исключение возможности перемешивания содержимого камер вдоль радиуса, возможно вызванным наличием циркуляционных потоков между соседними камерами. Особенно надежно это перемешивание может быть предотвращено поддержанием содержимого камеры при температуре, промежуточной между таковыми [температурами] периферии, т.е. стенками внешнего цилиндра и центром. Действительно, входящие при этом в центральную часть теплые потоки паров будут отжиматься от середины камеры к ее стенкам, обращенным к центру камеры; а потоки холодные, поступающие на периферию, будут также отжиматься от середины камеры к периферии сосуда. Этим и будет предотвращено перемешивание.

Другим, также чрезвычайно существенным, преимуществом термоциркуляции является простота ее осуществления (нет необходимости ни в специальных

насосах, ни в наладывании колебательной составляющей на основную скорость вращения центрифуги и т.д.) и, несомненно, дешевизна изготовления и эксплуатации.

Примерная схема осуществления термоциркуляции между двумя соседними камерами многокамерной центрифуги изображена на рис. 2, [где] А и В - камеры,  $SS'$  - ось вращения центрифуги. Стрелками показано направление циркуляции. На участке  $cd$  смесь нагревается, вследствие чего она устремляется от периферии к центру и проникает в центральную (обращенную к центру) часть камеры А. При этом вместо ушедшего газа в канал С поступает новый - из периферийной части камеры В. На участке  $ab$  газ охлаждается, вследствие чего действием центробежных сил он отжимается к периферии, поступая в периферийную часть камеры В, а оттуда - опять через канал С в центральную часть камеры А. Поток газа, уходящий из канала D, увлекает газ через канал Е из центральной части камеры А.

Необходимо отметить, что помимо, разделения изотопов урана, данным методом, так же как и методом многокамерной центрифуги, могут быть получены чрезвычайно эффективные результаты для легких элементов, ибо многие из последних имеют весьма высокую упругость паров даже при очень низких температурах. При низких же температурах как степень разделения, так и производительность данных методов должны быть в десятки раз большими, так как в соответствующих выражениях температура входит в знаменатель. Особенно сильно уменьшение температуры должно сказаться на увеличении степени разделения, так как в этом случае температура находится в знаменателе экспоненты.

---

Итак, в настоящем письме предлагается следующее:

- 1) метод термоциркуляционного центрифугирования;
- 2) применение термоциркуляции для уравнивания концентраций между соответствующими элементами двух соседних камер многокамерной центрифуги;
- 3) увеличение эффективности методов термоциркуляционной и многокамерной центрифуг применением низких температур;
- 4) использование трения (при вращении) о воздух для создания градиента температур внутри центрифуги;
- 5) ведение процесса обогащения в газообразном состоянии при одновременном нахождении обрабатываемого вещества в резервуарах в виде жидкости.

Научный руководитель Лаборатории ударных напряжений  
доктор физико-математических наук Ланге

Кандидат физ[ико]-мат[ематических] наук В. Маслов

*Том 1*

*Часть 1*

*Док. № 85, с. 213-215*