

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ УРАНА, ОСНОВАННЫХ НА ДЕЙСТВИИ СИЛЫ ИНЕРЦИИ

Филимонов А.Ф.¹, Помысухина А.Е.²

¹Филимонов Александр Федорович – бакалавр;

²Помысухина Алина Евгеньевна – бакалавр,

кафедра ядерных реакторов и энергетических установок,

Институт ядерной энергетики и технической физики

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

г. Нижний Новгород

Аннотация: в данной статье представлено краткое сравнение основных методов обогащения урана, основанных на действии сил инерции, сделан вывод о причинах использования того или иного метода в будущем.

Ключевые слова: обогащение урана, ядерная энергетика, промышленность, сила инерции.

В наиболее распространенных современных ядерных реакторах на тепловых нейтронах делящимся изотопом является уран-235. С учётом экономических, технологических, юридических и других факторов его доля от общего количества топлива в объектах гражданского использования составляет 3-5%. Однако, в природном уране необходимого изотопа содержится всего 0,711%. Поэтому, прежде чем изготавливать ядерное топливо для реакторных установок данного типа, необходимо искусственно повысить содержание этого изотопа в уране, или обогатить уран по делящемуся изотопу [1].

Большинство методов обогащения основано на использовании разницы масс атомов разных изотопов: ядро урана-235 легче ядра урана-238, так как в нём содержится меньшее количество нейтронов. Это проявляется в частности в разном поведении при движении изотопов по дуге, тяжёлые атомы будут стремиться двигаться по большему радиусу чем лёгкие. На данном принципе построены аэродинамический и электромагнитный методы обогащения, а также метод центрифугирования газа. Для любого метода эффективность разделения изотопов характеризуется коэффициентом разделения - отношение доли «лёгкого» изотопа в «продукте» к его доле в первичной смеси. Для большинства методов данный коэффициент чуть больше единицы, поэтому для получения высокой изотопной концентрации единичную операцию разделения изотопов приходится многократно повторять (использовать каскады) [2].

Метод газового центрифугирования основан на разном поведении частиц в центробежном поле: если газообразную смесь изотопов пропускать через множество отдельных газовых центрифуг, собранных в каскад, то вследствие высокой скорости вращения ротора и осевой циркуляции газа внутри него произойдёт разделение легких и тяжелых изотопов на слои. Основным плюсом использования газового центрифугирования, как метода обогащения урана, состоит в зависимости коэффициента разделения от абсолютной разницы в массе, а не от отношения масс. Недостатком данного метода является необходимость обеспечения очень больших угловых скоростей ротора порядка 60000 об/мин. Однако на сегодняшний день метод газового центрифугирования по сравнению с диффузионным представляет собой самый экономичный способ разделения изотопов [3].

Метод электромагнитного разделения основан на том, что два иона различной массы, имеющие равную кинетическую энергию, под воздействием магнитного поля будут фокусироваться в разных точках пространства. Металлический уран предварительно испаряется и ионизуется. Ионы вытягиваются из ионизационной камеры сильным электрическим полем, далее пучок попадает в вакуумную разделительную камеру в магнитном поле, направленном перпендикулярно движению ионов. В результате ионы движутся по своим окружностям с различными радиусами кривизны [2]. Данный метод обладает максимальной степенью разделения. Исторически это был первый способ, позволивший произвести оружейный уран. Значительным недостатком этого метода является низкая производительность, связанная со способностями по сбору отдельных фракций из калютрона.

Принцип действия аэродинамической сепарации заключается в создании вихревых потоков газа, подаваемого под давлением. В образовавшихся потоках происходит разделение на зоны большей концентрации лёгких и тяжёлых изотопов урана. Сложность технологии изготовления форсунок и поддержание урана в газообразном состоянии являются главными недостатками описанного метода, определяя его энергетическую неэффективность.

На данном этапе развития технологий наиболее распространённым методом обогащения является метод газового центрифугирования. Хотя электромагнитный способ выгодно отличается высоким коэффициентом разделения, а метод аэродинамической сепарации технически проще осуществим, чем метод центрифугирования газа, последний за счёт эффективного использования в качестве сырья не только природного урана, но и отвалного сырья пусть и с меньшим содержанием делящегося изотопа

позволяет вовлекать в процесс производства топлива и отвалный уран, используя ценное сырьё.

Список литературы

1. *Виллани С.* Обогащение урана. М.: Энергоатомиздат, 1983. 320 с.
2. Geektimes. [Электронный ресурс]: Электромагнитное разделение. Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/262560/> (дата обращения 20.06.2017).
3. *Бекман И.М.* Ядерная индустрия. М: Изд-во МГУЭ, 2005. 867 с.