

пластиной (материал стенки емкости и слой десублимата), имеющей подвижную внутреннюю границу. На наружной стенке емкости, контактирующей с хладагентом, выставлялись различные граничные условия. Для численного решения системы уравнений, описывающих процесс десублимации, был использован итерационно-интерполяционный метод [4].

На следующем этапе планируется произвести подробное численное исследование и сравнение имеющихся подходов к математическому моделированию процесса десублимации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Задача Стефана / А.М. Мейрманов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 240 с.
2. Математическое моделирование процесса десублимации  $UF_6$ . / Орлов А.А., Кошелев С.М., Вандышев В.И. и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 3. – С. 89–92.
3. Десублимация к химической промышленности / А.Г. Горелик, А.В. Амитин – М.: Химия, 1986. – 272 с.
4. Итерационно-интерполяционный метод и его приложения / А.М. Гришин, В.И. Зинченко, К.Н. Ефимов и др. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2004. – 318 с.

#### **ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРОИЗВОДСТВА ПО ОБОГАЩЕНИЮ УРАНА**

Орехов Д.В.<sup>1</sup>, Лебедев А.Я.<sup>2</sup>, Кузнецов П.Г.<sup>1</sup>

Научный руководитель: Орлов А.А.<sup>1</sup>, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.

Томск, пр. Ленина, 30

<sup>2</sup>ОАО «ПО «ЭХЗ», г. Зеленогорск,

ул. Первая промышленная, 1

E-mail: orlovaa@tpu.ru

При формировании производственной программы разделительного производства основными ориентирами являются потенциальные и фактические возможности предприятия: производственная мощность; изотопные концентрации, объемы и цена сырья; изотопная концентрация отвала завода; чистота товарного продукта.

Очевидно, что для решения задачи планирования производственной программы разделительного завода по обогащению урана целесообразно создать некую модель, которая позволяла бы составить

оптимальный график загрузки производственных мощностей и экономного расхода сырья.

Цель создания модели планирования производственной программы разделительного завода по обогащению урана заключалась в построении графика расхода сырья и наработки товарных продуктов при разделении бинарной смеси, оптимального с точки зрения критериев качества. Используемые на разделительном производстве критерии качества можно разделить на два вида: 1) когда заданы директивные сроки наработки продуктов, 2) когда эти сроки не заданы.

К первому виду относятся критерии являющиеся функциями заданных сроков готовности: 1) минимизация суммарного или максимального отставания от заданных сроков; 2) минимизация издержек связанных с невыполнением работы в срок; 3) минимизация числа отстающих работ.

Критерии второго вида зависят от общей продолжительности наработки товаров: 1) минимизация продолжительности календарного графика; 2) минимизация простоев оборудования и количества технологических переходов на выпуск товаров разных концентраций; 3) максимальность показателя использования оборудования.

Разработана модель планирования производственной программы разделительного завода по обогащению урана, позволяющая создавать оптимальный график расхода сырья и загрузки производственных мощностей при разделении бинарной смеси. В результате расчетов по данной модели (как по первому, так и по второму типам критериев оптимальности) показано, что при работе на оптимальной концентрации отвала, сырье с большей концентрацией (например, природное или регенерированное по отношению к сырью с меньшей концентрацией порядка 0,4%) лучше использовать в самом конце планового периода. Заставить отклониться от этой стратегии может только нехватка разделительной мощности для выполнения появившихся во время планового периода контрактов или резкое возрастание стоимости природного сырья.

Следующим шагом в создании модели планирования производственной программы разделительного завода по обогащению урана будет учет в ней экономических критериев оптимальности и преобразование модели для многокомпонентных смесей, чтобы при планировании качества продукции учесть чистоту товарного продукта по примесным изотопам  $^{232}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевелёв Я.В., Клименко А.В. Эффективная экономика ядерного топливного энергетического комплекса. М.: РГТУ, 1996. – 736 с.
2. Коэн К. Разделение изотопов // В сб.: Научные и технические основы ядерной энергетики. Под ред. К. Гудмена. Т.2. М.: Издательство иностранной литературы, 1950.
3. Понтрягин Л. С. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1976. – 392 с.
4. Обогащение урана. Под. Ред. С. Виллани. Пер. с англ. под. ред. И.К. Кикоина. М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ УРАНА В ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОМ ЦИКЛЕ

Кравченко А.В.<sup>1</sup>, Лебедев А.Я.<sup>2</sup>, Титов Е.С.<sup>1</sup>

Научный руководитель: Орлов А.А.<sup>1</sup>, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.

Томск, пр. Ленина, 30

<sup>2</sup>ОАО «ПО «ЭХЗ», г. Зеленогорск,

ул. Первая промышленная, 1

E-mail: orlovaa@tpu.ru

В зависимости от способа обращения с отработанным ядерным топливом (ОЯТ), ядерные топливные циклы подразделяются на открытые и замкнутые.

В открытом топливном цикле ядерное топливо производится из природного сырья или его соединений, а выгружаемое ОЯТ направляется на предварительное хранение с последующим окончательным захоронением в геологические формации. Таким образом, в открытом топливном цикле ОЯТ и соответственно содержащиеся в нем делящиеся материалы полностью выводятся из ядерно-топливного цикла атомной энергетики.

В замкнутом цикле топливо производится как из первичного, так и вторичного сырья, т.е. происходит утилизация делящихся нуклидов из отработанного топлива в результате его радиохимической переработки с возвратом в топливный цикл.

В настоящее время в России, хранится 14 тысяч тонн отработанного топлива и имеется возможность принять и переработать в течение десяти лет 20 тысяч тонн из-за рубежа, заработав на этом 10 миллиардов долларов. Сегодня переработка одного килограмма ядерного топлива стоит на мировом рынке 800 долларов. Переработка без возврата