

3. Зайцев Е.С., Домненко А.И., В.Г. Астафуров Определение радиального биения ротора о сигналу с датчика вращения // Известия ТПУ. 2012. Т. 321. № 2. – С. 31.
4. Белослудцева Е.К., Воробьев С.А., Ивакин В.А. Способ определения колебаний вращающегося ротора, патент РФ №2180435, кл. В04В 9/14, 1999.
5. Петрухин В.В., Петрухин С. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации.- Москва: Издательство инфра-инженерия.- С. 26.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДЕСУБЛИМАЦИИ UF₆ В ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЕМКОСТИ

Малюгин Р.В., Цимбалюк А.Ф.

Научный руководитель: Орлов А.А., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.
Ленина, 30

E-mail: malyugin@tpu.ru

Модернизация конденсационно-испарительных установок на предприятиях по разделению изотопов урана требует наличия математической модели процессов тепло- и массообмена, происходящих при десублимации и обусловлена требованиями производства. Такая модель позволит снизить эксплуатационные затраты и повысить энергоэффективность работы коллекторов отбора и отвала. Наличие математической модели процесса может быть полезно при выборе хладагента, способа охлаждения емкостей и решении проблемы их максимального заполнения UF₆ [1].

В работе рассматривалась металлическая цилиндрическая емкость Б-12 со скругленными образующими крышки и основания, которая для охлаждения помещалась в дьюар, заполненный хладагентом. Емкость термостабилизировалась до температуры -20°C, в качестве хладагента использовался насыщенный раствор CaCl₂.

Поток газа поступал в технологическую емкость через круглое отверстие в верхней части. Считалось, что тепловой поток от газа к хладагенту проходит через двухслойную поверхность – материал стенки емкости и образовавшийся слой десублимата. Для описания тепловых процессов на внутренней теплообменной поверхности (задача Стефана) использовалось двумерное уравнение теплопроводности с учетом подвижной внутренней границы. Предполагалось, что толщина десублимата в начальный момент равна нулю и увеличивается с течением времени.

На внутренней поверхности теплообмена принималось граничное условие 3-го рода с учетом выделения UF_6 скрытой теплоты десублимации при фазовом переходе. На внешней поверхности в местах погружения технологической емкости в рассол использовалось граничное условие 1-го рода, а на свободной поверхности, где происходит теплообмен с воздухом – граничные условия 3-го рода. Область внутри технологической емкости разбивалась сеткой на расчетные ячейки, при этом фазовый переход UF_6 в твердое состояние учитывался наличием источников члена дифференциального уравнения энергии в ячейке, примыкающей в начальный момент времени к поверхности теплообмена, а далее – к границе раздела фаз. Для численного решения дифференциального уравнения теплопроводности использовался итерационно-интерполяционный метод [2] с неявной аппроксимацией второй производной.

На основании литературных данных [3, 4] предполагалось, что свойства газообразного UF_6 близки к свойствам идеального газа и для описания его состояния использовалась модель политропного газа с постоянным показателем адиабаты. Моделирование движения газа в технологической емкости основывалось на законах сохранения массы, импульса и энергии. На входе в емкость задавались постоянные значения энтальпии и энтропии, на стенках принималось условие непротекания. Численное решение системы уравнений, описывающих движение газа, получалось с использованием метода С.К. Годунова [5].

Полученная математическая модель процесса десублимации реализована в виде пакета прикладных программ с дружественным к пользователю графическим интерфейсом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вильнина А.В. Экспериментальное исследование процесса десублимации от длительности цикла захлаживания / А.В. Вильнина, В.Ф. Дядик, С.А. Байдали и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 2. – С. 91–93.
2. 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.
3. Химия урана: уран как элемент, его бинарные соединения, гидраты окислов и оксигалогениды / Дж. Кац, Е. Рабинович. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1954. – 492 с.
4. Введение в химическую технологию урана: учебник для вузов / Б.В. Громов. – М.: Атомиздат, 1978. – 336 с.

5. Численное решение многомерных задач газовой динамики / С.К. Годунов, А.В. Забродин, М.Я. Иванов и др. – М.: Наука, 1976. – 400 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ ЕМКостей ПРИ ДЕСУБЛИМАЦИИ UF_6 НА ИХ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Малюгин Р.В., Цимбалюк А.Ф.

Научный руководитель: Орлов А.А., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.
Ленина, 30

E-mail: malyugin@tpu.ru

В настоящее время происходит модернизация разделительных предприятий. Отработавшие свой ресурс газовые центрифуги заменяются на современные, более производительные. В связи с модернизацией основного технологического оборудования возникает необходимость разработки и проектирования конденсационно–испарительных установок (КИУ) большей производительности. При проектировании установок КИУ желательна наличие математической модели процесса десублимации UF_6 в основных транспортных емкостях.

Имеется несколько подходов к моделированию процесса десублимации газовых смесей. Кратко их можно разделить на две группы: «тепловой» подход, когда процесс, определяется теплообменом газа с поверхностью конденсации [1, 2] (решается задача Стефана), и «диффузионный», когда процесс определяется диффузионным обменом между поверхностью конденсации и газом [3].

В случае «теплого» подхода решается система уравнений, состоящая из уравнения теплопроводности и законов сохранения массы, импульса и энергии. Большое значение при этом имеет величина коэффициента теплопроводности образующейся твердой фазы, которая определяет скорость отвода тепла, выделяющегося при фазовом переходе.

Во втором подходе вводится понятие пограничного слоя, присутствующего около поверхности раздела фаз. Сам процесс десублимации в этом случае характеризуется величиной коэффициента диффузии, который и определяет интенсивность происходящего процесса.

Нами был использован первый подход при рассмотрении одномерной задачи теплообмена газообразного гексафторида урана с многослойной