

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ АППАРАТА КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА

Дериглазов А. А., Креницын Н.С.

Научный руководитель: Креницын Н.С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: daa424@yandex.ru

В настоящее время ядерная энергетика вступила в новую фазу своего развития. В мире утвердилось отношение к атомной промышленности как к надежному и дешевому источнику производства электроэнергии.

Потребление топлива в атомной энергетике ежегодно возрастает, что требует увеличения количества производимого топлива и, соответственно, увеличение производственных мощностей и производительности предприятий ядерного топливного цикла, в том числе Сублиматного завода (СЗ) ОАО «Сибирского химического комбината».

В настоящее время на СЗ ОАО «СХК» реализовано производство гексафторида урана путем прямого фторирования оксидов урана. Структурная схема ПГУ существующего производства приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема действующего ПГУ

Узел фторирования, основу которого составляет пламенный реактор, предназначен для получения гексафторида урана путем высокотемпературного фторирования ураносодержащих компонентов поступающих со стадии улавливания (закись-окись U_3O_8 , уранилфторид UO_2F_2 и тетрафторид UF_4). Полученный газообразный гексафторид урана, в составе технологического газа на выходе ПР, поступает в узел десублимации, где происходит конденсация гексафторида урана [1].

Далее технологический газ поступает в АКТ, где происходит улавливание ценных компонентов «хвостового» газа (фтор F_2 , фтористый водород HF , гексафторид урана UF_6) на закиси-окиси урана.

Замкнутость производства по твердофазным компонентам обеспечивается импульсным пневмотранспортом, который организует перегрузку полупродуктов из камерных питателей АКТ в бункер загрузки ПР. Согласованность загрузок твердофазных компонентов в аппараты ПР и АКТ в настоящее время обеспечивается в ручном режиме. Для синтеза системы управления организующей автоматический режим расчета загрузки закиси-окиси урана в АКТ требуется разработка математической модели горизонтальной части АКТ. Данная модель позволит произвести пара-

метрический синтез алгоритма согласования загрузок в аппараты ПР и АКТ.

Анализ регистрируемых переменных, характеризующих количество полупродукта на входе и выходе горизонтальной части выявил частоту вращения шнека загрузки АКТ и показания весоизмерительных устройств камерных питателей АКТ (рис. 2).

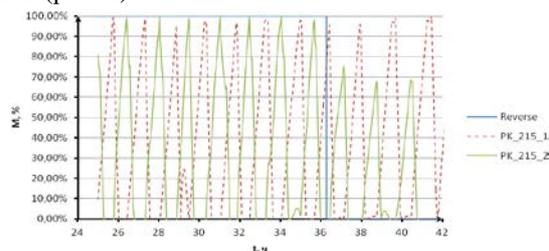


Рис. 2. Показания весоизмерительных устройств камерных питателей АКТ

Из рисунка 2 видно, что работа горизонтальной части аппарата приемлема как при прямом, так и при инверсном вращении барабана мешалки. Об этом свидетельствует непрерывное наполнение камерных питателей, независимое от направления вращения барабана мешалки.

Данная особенность позволяет судить о том, что вращение барабана мешалки приводит к выравниванию профиля распределения по высоте полупродукта внутри аппарата. Отталкиваясь от конструктивных особенностей аппарата (рисунок 3), было сделано допущение о том, что идеальное перемешивание полупродукта происходит на интервале Δt рисунка 3, что соответствует 150 мм. Это связано с разной направленностью лопастей мешалки на рассматриваемом интервале.

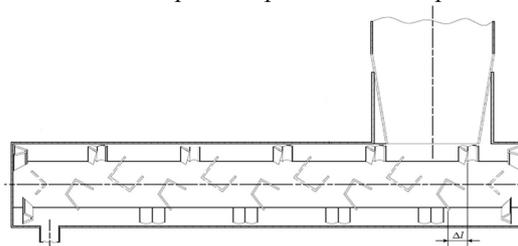


Рис. 3. Горизонтальная часть АКТ

Принятое допущение позволяет составить систему двух уравнений основанных на модели идеального смешения, описывающее перемешивание внутри интервала Δt рисунка 3[2].

$$\begin{cases} \frac{dM_1^k}{dt} = \frac{(M_2^k - M_1^k)}{2 \cdot T_{\text{меш.}}} \\ \frac{dM_2^k}{dt} = \frac{(M_1^k - M_2^k)}{2 \cdot T_{\text{меш.}}} \end{cases}, \quad (1)$$

где $k = UO_2, UO_3, UO_2F_2, UF_4$; M_1^k, M_2^k – мас-

са k -го компонента в i -ой ячейке, кг; $T_{\text{меш}}$ – постоянная времени мешалки.

Полученная экспериментально на математической модели зависимость постоянной времени от частоты вращения вала мешалки, для зависимости (1) выглядит следующим образом:

$$T_{\text{меш.}} = \frac{60}{3 \cdot N_{\text{меш.}}} \quad (2)$$

Уравнение (2) было получено путем подбора коэффициента при множителе $60/N_{\text{меш.}}$, соответствующему времени одного оборота барабана мешалки, при котором достигается полное перемешивание двух соседних ячеек.

Итоговая система уравнений, описывающая распределение полупродукта по горизонтальной части представлена выражением:

$$\begin{cases} \frac{dM_1^k}{dt} = \frac{(M_2^k - M_1^k)}{2 \cdot T_{\text{меш.}}} \\ \dots \\ \frac{dM_i^k}{dt} = \frac{(M_{i-1}^k + M_{i+1}^k - 2 \cdot M_i^k)}{2 \cdot T_{\text{меш.}}} \\ \dots \\ \frac{dM_{39}^k}{dt} = \frac{(M_{38}^k - M_{39}^k)}{2 \cdot T_{\text{меш.}}} \end{cases}$$

Для составления математического описания горизонтальной части, она была описана 38 ячейками шириной 75 мм и одной крайней ячейкой, ширина которой равна 70 мм. Принцип разбиения горизонтальной части АКТ на ячейки отражен на рисунке 4.

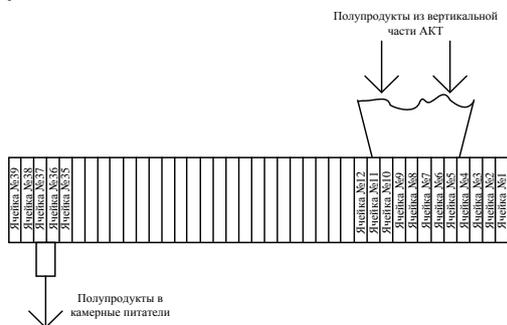


Рис. 4. Принцип разбиения горизонтальной части АКТ на элементарные ячейки

Проведение исследований составленной модели горизонтальной части АКТ проводилось в пакете Matlab.

В ходе исследования модели производилось сопоставление графиков переходных процессов полученных с помощью разработанной модели и полученных из реальных производственных трендов. Рассматривались участки производственных данных, в которых происходило опустошение горизонтальной части АКТ (рис. 5). При этом среднеквадратичное отклонение (S_n) результатов моделирования от производственных данных составило 6,5% [3].

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - x_i)^2}{n}}$$

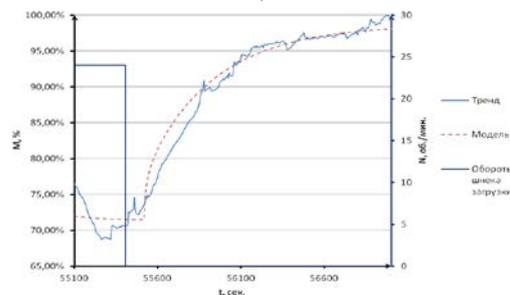


Рис. 5. Динамика изменения показаний весоизмерительных устройств камерных питателей при опустошении горизонтальной части АКТ

С помощью разработанной математической модели АКТ рассчитано распределение полупродукта по длине аппарата при номинальном режиме работы существующей оксидной технологической линии производства гексафторида урана.

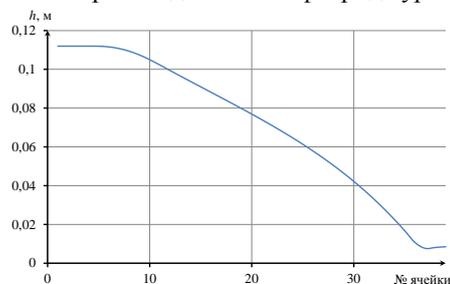


Рис. 6. Распределение полупродукта по ячейкам модели

Из приведенного графика 6 видно, что при номинальном режиме работы производства уровень полупродукта максимален в зоне загрузки горизонтальной части и не превышает 12 см. Стоит отметить, что в центральной части аппарата, уровень ниже 7 см.

Результатом проведенной работы является динамическая математическая модель горизонтальной части АКТ, адекватность которой была доказана сопоставлением расчетных данных с производственными. Разработанная модель будет использована при синтезе алгоритма согласования загрузок твердофазных компонентов в аппараты ПР и АКТ ПГУ.

Список литературы

1. Байдали С.А. Система автоматизированного управления комплексом аппаратов фторирования и улавливания производства гексафторида урана: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.
2. Слинько М. Г., Бесков В. С., Скоморохов В. Б., и др. Методы моделирования каталитических процессов на аналоговых и цифровых вычислительных машинах. – Новосибирск. Наука, 1972.
3. Лисьев В.П. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие/МЭСИ. – М., 2006.