

гой стороны, для повышения эффективности использования рабочего объема аппарата непрерывного действия необходимо осуществлять вывод обработанных частиц в течение минимального интервала времени Δt , с целью исключения явления передержки частиц и заполнения рабочего объема аппарата прореагировавшими частицами. Это условие может быть осуществлено за счет уменьшения величины интеграла G . Таким образом, оптимальным условиям работы любого типа аппарата непрерывного действия будут отвечать условия, когда $A = 0$, $G = 0$ и $B = 1$. В целом можно считать, что достижение высоких значений x лимитируется в основном не особенностями кинетики проводимого в аппарате процесса, а особенностями работы того аппарата, в котором этот процесс протекает, т. е. зависит от вида структуры потока и характера функции распределения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОМ С ОБОЖЖЕННЫМИ АНОДАМИ

Глущенко М.А.

*Санкт-Петербургский Государственный горный
институт им. Г.В. Плеханова*

Имитационное моделирование заключается в имитации на ЭВМ процесса функционирования и структуры исследуемого объекта. Строгое детальное описание отдельных частей объекта в данном случае не предусматривается, а протекающие в них процессы имитируются в интегрированном виде, позволяющем определить лишь основные данные, необходимые для принятия решений на более высоком уровне.

Процесс электролитического производства алюминия является основным в современной электрометаллургии алюминия и заключается в электролизе глинозема, растворенного в расплавленном криолите.

Электролизер как объект управления по каналу концентрации глинозема и фтористого алюминия представляет собой простое инерционное звено, описываемое уравнением материального баланса по глинозему и фтористому алюминию. Управление таким объектом заключается в контроле концентрации глинозема и фтористого алюминия. Они могут быть оценены по результатам изменений напряжения и тока, проходящего через него.

Теплообмен в электролизере имеет распределенный в пространстве характер. Но, учитывая, что в системах управления электролизом отсутствуют распределенный контроль и распределенные управляющие воздействия, можно считать, что адекватной тепловой моделью электролизера как объекта управления является модель с сосредоточенными параметрами. Принимая электролизер одной сосредоточенной тепловой емкостью (одноместная аппроксимация), рассчитывается его энергетический баланс. В процессе электролиза криолит-глиноземной расплава изменяется и межполюсное расстояние, что значи-

тельно влияет на температуру процесса, а следовательно и на значение приведенного напряжения.

На основании математического описания в пакете MATLAB с использованием инструмента визуального моделирования Simulink при помощи интерфейсной функции S-function создана имитационная модель электролизной ванны с обожженными анодами.

Проведено исследование поведения уравнения измерений при различных значениях концентрации глинозема, криолитового отношения, температуры электролита и межполюсного расстояния. Имитационные модель электролизера и модель подсистем управления концентрацией глинозема также как и система управления, используемая в промышленности, состоят из аналоговых и дискретных компонентов. Это гибридная система - система со сложным взаимодействием дискретной и непрерывной динамики. Она характеризуется не только непрерывным изменением состояния системы, но и скачкообразными вариациями в соответствии с логикой работы управляющей подсистемы. Поэтому для численного моделирования систем, характеризующихся сложным поведением используются диаграммы состояний и переходов, предложенные Д. Харелом. Все Моделирование физики технологических процессов (непрерывная составляющая поведения системы) дополняется моделированием логики работы управляющих ими устройств (дискретная компонента). Математический аппарат описания в данном случае - это система уравнений, но не дифференциальных, а дифференциально-алгебраическо-логических. Для моделирования подсистем управления концентрацией глинозема и фтористых солей использовались диаграммы состояний и переходов StateFlow.

Преимуществом использования компоненты StateFlow является возможность провести верификацию моделируемой системы, т.е. отладку и диагностику реализованного алгоритма (например, проверку всех веток алгоритма). Особенностью применения при имитационном моделировании диаграмм состояний и переходов StateFlow является возможность реализации точных алгоритмов решаемых задач контроллера. Также во время выполнения алгоритма StateFlow генерирует C-код, что дает возможность использовать ЭВМ с моделью как PC-контроллер.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

Петров П.А.

*Санкт-Петербургский государственный горный
институт им. Г.В. Плеханова*

Один из важнейших процессов в нефтехимии и нефтепереработке – каталитический риформинг, предназначенный для повышения октанового числа бензинов и для производства индивидуальных ароматических углеводородов – бензола, толуола, ксилола.

Нефтеперерабатывающие предприятия переходят на новые катализаторы, работающие при более низких давлениях и повышающие глубину и селективность превращений. Этот переход предпочтителен

на реакторах риформинга с радиальным вводом реагентов, которые требуют меньших затрат электроэнергии на осуществление процесса, чем реакторы с осевым вводом.

Существует необходимость в разработке универсальной математической модели, позволяющей осуществлять оптимальное управление процессом риформинга в реакторах различных типов, анализировать процессы при определенном составе реакционной смеси, производительности и типе катализатора. Включение модели узла риформинга в контур управления обеспечит повышение экономической эффективности процесса.

С использованием схемы превращений групповых компонентов реакционной смеси, содержащей реакции образования ароматических углеводородов из парафинов и циклопарафинов, реакции гидрокрекинга и изомеризации, а также с применением модели реактора идеального вытеснения с адиабатическим режимом работы, была получена универсальная математическая модель риформинга в каскаде из трех реакторов с промежуточным подогревом смеси

Универсальность модели заключается в том, что она позволяет рассчитать процессы в реакторах с радиальным и осевым вводом реагентов.

Модель включает расчет гидравлического сопротивления внутренних устройств реактора при условии равномерного распределения реакционной смеси по высоте аппарата и радиусу. Гидравлические потери вычисляются параллельно с решением уравнений, позволяющих определять динамику состава и свойств потока с учетом изменения температуры из-за эндотермичности процесса, а также учитывающих переменную линейную скорость смеси вследствие изменения площади поперечного сечения слоя катализатора в аппарате в направлении потока.

Процесс каталитического риформинга гетерогенный. Однако если ввести понятие удельной площади поверхности раздела фаз, т.е. площади поверхности, приходящейся на единицу реакционного объема, то скорость реакции может быть пропорциональна объему реакционного пространства, и гетерогенные реакции можно описывать с помощью тех же уравнений, что и гомогенные.

Большое количество кинетических констант для отдельных реакций не осложняет использование модели, так как соотношение между константами скоростей отдельных реакций остается практически неизменным для различных катализаторов. Для определения всех входящих в математическую модель кинетических параметров достаточно определить одну из базовых эффективных констант скорости на одном катализаторе и найти все остальные по имеющимся соотношениям для другого.

Для решения уравнений модели использовался программный комплекс ReactOp (РНЦ «Прикладная химия»), предназначенный для задач разработки математических моделей технологических объектов, в которых происходит превращение исходных продуктов в конечные за счет различных химических реакций. Программирование в данном пакете ведется на языке Фортран.

Результаты моделирования показывают, что перепад давлений по слою катализатора при ради-

альном вводе реагентов очень мал по сравнению с перепадом давлений при осевом потоке. Это является серьезным преимуществом реакторов с радиальным вводом перед реакторами с осевым вводом с точки зрения энергозатрат и селективности процесса.

Выводы

1. Для более точного расчета процесса каталитического риформинга необходимо учитывать конструктивные размеры всего узла риформинга.

2. Полученная модель даст возможность провести выбор объема катализатора и входной температуры для реактора как с радиальным, так и с аксиальным вводом реагентов, обеспечивающие получение продукта необходимого качества при заданной производительности узла риформинга.

3. Модель может быть использована в контуре управления процессом в качестве модели оптимального функционирования узла риформинга.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНВЕЙЕРНОЙ ОБЖИГОВОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Феоктистов А.Ю.

*Санкт-Петербургский Государственный Горный
Институт им. Г.В.Плеханова*

Конвейерные обжиговые машины применяются в металлургии для производства окомкованных и обожженных гранул (в т.ч. железорудных окатышей), использующихся в доменной плавке. Подготовка сырья на конвейерных машинах непрерывного действия является хорошо изученной металлургической технологией, давно использующейся как у нас в России, так и за рубежом [1, 2].

Машины конвейерного типа представляют собой конвейерную решетку, состоящую из колосников, включающую спекательные тележки, непрерывно движущиеся по замкнутой кривой. Верхняя (рабочая) ветвь машины имеет загрузочное устройство, зажигательный горн и технологические зоны для тепловой обработки материалов. Нижняя часть машины имеет вакуумные камеры и объединяющие коллекторы. Машины оснащены тяго-дутьевым оборудованием.

Кроме обжига железорудного сырья известно применение конвейерных обжиговых машин для других технологических процессов – обжига известняка или (и) глины для получения цементного клинкера. В качестве топлива (при послышной укладке: обжигаемый материал – внизу, топливо – сверху), помимо ископаемых углей (бурые, каменные, антрацит) может также применяться гранулированный горючий сланец [3].

Твердые бытовые отходы (ТБО), также как и горючий сланец, можно рассматривать как низкокалорийное топливо по своим характеристикам сравнимое с некоторыми видами бурых углей [4]. Возможность использования ТБО в качестве топлива основана на морфологическом составе ТБО, которые содержат до 70% органической (горючей) фракции причем из них углерода - около 35%. ТБО в отличие