

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 используемой 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.

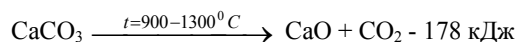
Кроме обжига железорудного сырья известно применение конвейерных обжиговых машин для других технологических процессов – обжига известняка или (и) глины для получения цементного клинкера. В качестве топлива (при послышной укладке: обжигаемый материал – внизу, топливо – сверху), помимо ископаемых углей (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

от ископаемых углей являются неистощимым постоянно пополняющимся ресурсом. Однако технология сжигания ТБО в традиционных мусоросжигательных агрегатах с подвижными колосниковыми решетками с утилизацией тепла от горения ТБО в котлах-утилизаторах и других теплоутилизационных установках с получением пара и электроэнергии на его основе имеет довольно низкий КПД (порядка 25%). Это обусловлено относительно низкой теплотворной способностью, сложным многокомпонентным и неравномерным составом ТБО, что вызывает неста-

бильность процесса и приводит к большим тепловым потерям.

Перспективным направлением в технологии сжигания ТБО и эффективности использования тепловой энергии является утилизация тепла непосредственно в тепловом агрегате с получением продуктов для дальнейшего использования. В этой связи предлагается использовать конвейерную обжиговую машину, для сжигания ТБО на слое известняка, при этом выделяющееся от горения ТБО тепло передается непосредственно слою известняка и идет на физико-химический процесс обжига известняка:



Данная технология позволяет утилизировать тепло непосредственно в тепловом агрегате, что позволяет избежать потерь энергии теплоносителя (продуктов горения) при транспортировке до непосредственного теплоприемника – теплоутилизационной установки. Проведенные исследования на опытной пилотной установке показывают КПД процесса более 50%.

Крупная фракция известняка – теплоприемник, укладывается равномерно по всей ширине машины на колосниковую решетку конвейерной машины и выступает в роли подстилающего слоя. ТБО и мелкая фракция известняка смешиваются, подсушиваются и поступают в расходный бункер, откуда дозировано выгружаются на подстилающий слой известняка.

Зажигание верхнего слоя ТБО, осуществляется с помощью горна, работающего на природном газе. Горение продвигается в нижние горизонты слоя за счет прососа воздуха, создаваемого путем разрежения в вакуум-камерах. Обжиг подстилающего слоя известняка осуществляется горячими продуктами горения. При нагревании его до температуры 900-950 °C начинается диссоциация карбоната кальция (CaCO₃) с образованием извести (CaO). Охлажденная аспирационным воздухом, взятым из зоны разгрузки (см. рис.) известь выгружается на грохот. Подрешетный продукт включающий мелкую известь, золу от сжигания ТБО может быть использован при производстве строительных материалов и приготовлении известкового молочка для очистки газов.

Газы, отсасываемые из первой части зоны горения (вакуум-камеры 2-6), содержащие наибольшее количество вредных примесей, направляются на дожигание в зону рекуперации, после которой, пройдя через слой обжигаемого известняка, поступают в рекуператор и на газоочистку. Очищенные до необходимых норм отходящие газы выбрасываются через трубу в атмосферу.

Степень обжига известняка при продолжительности процесса 20-30 минут и температуре развиваемой в слое обжигаемого материала 800-1100 °C составляет 60 - 80%.

Зола мусоросжигательных заводов уже довольно давно используется для получения строительных материалов, в частности в качестве пуццолано-

вых добавок в цемент [5], как добавка-минерализатор при обжиге цементного клинкера [6], и.т.д. Готовые изделия изготовленные с применением золы от мусоросжигательных заводов удовлетворяют необходимым экологическим требованиям [7].

Помимо получения ценных товарных продуктов, данная технология позволяет решить следующие задачи:

1. утилизировать ТБО, тем самым уменьшить нагрузку на полигоны по захоронению отходов;
2. адсорбировать часть кислых примесей (HF, HCl) непосредственно продуктами обжига (известняком, известью), что позволяет значительно снизить эмиссию диоксинов и фуранов в окружающую среду [8];
3. добиться экономии природных ископаемых ресурсов использующихся в настоящее время для обжига известняка.

Использование металлургического агрегата – конвейерной обжиговой машины, для целей переработки и утилизации углеродсодержащих бытовых отходов с одновременным получением строительной извести, позволяет добиться экономии сырьевых топливных ресурсов и решить экологические задачи.

Список литературы:

1. Базилевич С.В., Вегман Е.Ф. Агломерация. М.: Металлургия, 1967.
2. Патковский Б.М. Фабрики окускования рудного сырья черной металлургии. М.: Металлургия, 1964.
3. Винтовкин А. А., Ладыгичев М. Г., Голдобин Ю. М., Ясников Г.П. Технологическое сжигание и использование топлива М.: Металлургия, 1998, 286 с.
4. Пурим В.Р. Бытовые отходы. Теория горения. Обезвреживание. Топливо для энергетики. М.: Энергоатомиздат, 2002. — 112 с.
5. Hydration characteristics of municipal solid waste incinerator bottom ash slag as a pozzolanic material for use in cement. K.L. Lin and D.F. Lin. Cement and Concrete Composites, Volume 28, Issue 9, October 2006, Pages 817-823
6. Artificial Aggregate from Domestic Refuse. Wainwright, P J and BONI, S P K.. Concrete, 15(5), pp 25 - 29, 1981.
7. Feasibility study of using brick made from municipal solid waste incinerator fly ash slag. Kae Long Lin.

Journal of Hazardous Materials, Volume 137, Issue 3, 11 October 2006, Pages 1810-1816.

8. Сокращения эмиссии диоксинов при термическом обезвреживании опасных отходов. В. И. Волков, А. И. Русинский, В. А. Ипполитов, И. М. Бернаднер, В. С. Торбунов//Экология и промышленность России, №1, 2001.

ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ И ЛОГАРИФМ ФИБОНАЧЧИ

Южанников А. Ю., Кистенев В. К., Попов Ю. П., Южанников М. Ю.

*Красноярский политехнический институт
Сибирского федерального университета,
Красноярск, Россия*

Расчет электрических нагрузок, опирающийся только на классический аппарат, не может обеспечить достаточную точность при прогнозировании процессов в сложных электротехнических системах. Существующие методы прогнозирования электрических нагрузок формализуют расчеты на основе классических представлений электротехники и методах математической статистики.

Законы развития техники, включающей отдельные элементы, и живой природы, состоящей из отдельных особей, имеют много общего. Поэтому представляется возможным описывать объекты электрической системы на основе ценологических понятий. Подобные системы такой сложности рассматриваются в других направлениях науки как ценозы (биоценозы, техноценозы, бизнесценозы и т.д.). Тогда при изучении технических систем возможно ввести понятия из биологии: вид, особь, ценоз.

Термин «техноценоз» и ценологический подход предложены в 1974 г. Кудриным Б.И., где техноценоз определяется как сообщество всех изделий, включающее все популяции, ограниченное в пространстве и времени. Данная теория предполагает существование некоторого идеального распределения элементов ценоза. Объясним существование идеальной технической системы с точки зрения гармонии и золотого сечения. Гармония и идеальное распределение видов ценоза как системы, выполняющей свое функциональное назначение, подчиняются золотому сечению, а понятие «золотое сечение» неразрывно связано с числами Фибоначчи.

Считается, что деление отрезка в среднем и крайнем отношении впервые было осуществлено 2500 лет назад Пифагором - великим философом и геометром древней Греции. Он показал, что отрезок единичной длины АВ можно разделить точкой С на две части так, что отношение большей части (СВ=х) к меньшей (АС=1-х) будет равняться отношению всего отрезка (АВ=1) к большей части (СВ): $СВ/АС=(АС+СВ)/СВ$, или $x/(1-x)=1/x$.

В 1202 г. вышло в свет сочинение "Liber abacci" итальянского купца и математика Леонардо Пизанского (предположительно 1180-1240 г.г.), известного как Фибоначчи. Он получил последователь-

ность чисел, где последующее число равно сумме двух предыдущих чисел: 1; 1; 2; 3; 5; 8; 13; 21; 34; 55, и т.д., отношение соседних членов которой стремится к величине $\Phi = 1,618$. Этот ряд получил название ряда Фибоначчи.

В нашу задачу входит показать значение пропорции золотого сечения и чисел Фибоначчи в сфере организации электротехнических систем по аналогии с живой природой. Если взять числовой ряд: 1,0; 0,62; 0,38; 0,24; 0,15; 0,09 и т.д. (что напоминает шкалу мощностей трансформаторов), состоящий из чисел с коэффициентом 1,618 («Золотое сечение») и аппроксимировать этот ряд чисел, то получим гиперболическую кривую. Данную кривую можно с приемлемой точностью описать логарифмической зависимостью с основанием логарифма 1,618, названного логарифмом Фибоначчи $IF N = \log_{\Phi} N$.

Предлагаемый метод включает следующие этапы:

1. Ценоз выделяется в пространстве и времени как некоторая система. Этап по определению ценоза представляет собой процедуру выделения системы, состоящей из отдельных технических изделий, изготовленных по разной технической документации, не связанных друг с другом сильными связями.

2. Из ценоза выделяется семейство (особь) элементарных объектов далее не делимых – тяговые подстанции. За исследуемый параметр вида нами принято электропотребление за месяц – W активной энергии тяговыми подстанциями.

3. Строятся математические модели структуры ценозов по мере убывания исследуемого параметра - ранговое распределение.

4. Проводится обработка результатов известными методами.

Определив параметры рангового распределения по всей длине предыстории функции W(r) можно получить сглаживающую поверхность исследуемого параметра. Рассчитан коэффициент конкордации - 0,66, что свидетельствует о стабильности ранговой поверхности в целом. Это позволяет использовать имеющуюся базу данных для прогнозирования электропотребления объектов техноценоза

Применение предлагаемой методики при прогнозировании электропотребления для тяговых подстанций позволило выявить следующее:

-заявленные договорные величины электрической энергии по каждой из энергосистем в среднем на 15–20% завышены,

-прогнозирование по данному методу отличается в лучшую сторону от контрольных прогнозов по наиболее распространенным экстраполяционным методам.

Преимущество модели заключается также в том, что она не требует привлечения большого количества данных, как это требуется в многофакторных моделях. Данная методика обеспечивает приемлемую точность, необходимую для заключения договоров с энергосистемами и позволяет находить новые пути в решении вопросов энергосбережения.