

*Е.В. Чернецкий, О.Ю. Олейник, О.А. Фурса, Е.В. Лещенко канд-ти техн. наук
(Україна, м.Дніпропетровськ, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»).*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПОСТРОЕНИЯ АСУ ТП ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассматривая основные проблемы горно - добывающей и перерабатывающей отрасли, необходимо помнить об их особенностях: высокой информационной емкости (необходимость контролировать и поддерживать на заданном уровне большое количество параметров) и сложности процессов, протекающих при производстве продукции (их многостадийность и цикличность).

Таким образом, сформированы два фактора, характеризующие горнопромышленное производство:

1. Наличие большого количества измерительных и управляющих систем;
2. Сложность описания при помощи типовых динамических звеньев полного процесса преобразования исходных материалов и сырья в конечную продукцию.

Первый фактор говорит о том, что при построении систем автоматического управления горнопромышленных предприятий используется большое количество средств измерения, что существенно влияет на стоимость системы. При этом не стоит забывать о том, чем более точные средства измерения используются, тем дороже они стоят. А необоснованное увеличение требований к точности измерения приведет к неоправданным экономическим затратам при построении АСУ.

Второй фактор указывает на сложность выбора регулирующих воздействий и законов регулирования. В классическом варианте выбор регулирующих воздействий основывается только на физических составляющих процесса (при необходимости нагрева или охлаждения изменяют подачу теплоносителя, при регулировании уровня меняют расход входящих или исходящих потоков). При этом не учитывается химическая сторона процесса, а именно – процесс может быть экзо- или эндотермическим, иметь различный тепловой эффект, химические реакции могут протекать с изменением объема реакционной смеси. В этом случае регулирование температуры может происходить путем увеличения или уменьшения подачи исходных реагентов в реактор, и при этом необходимо учитывать скорость протекания химической реакции и соответствующим образом выбирать закон регулирования и параметры настройки.

Итак, при построении АСУ ТП в горнопромышленной отрасли мы получаем сложную многопараметрическую задачу. С одной стороны, при проектировании АСУ ТП можно сформулировать предположение, что все исходные параметры являются либо независимыми, либо же имеют одинаковые весовые коэффициенты, и, исходя из этого, выбрать регулирующие воздействия и контролируемые параметры. Но такое предположение для решения данной задачи является не совсем корректным. Прежде всего это связано с тем, что на протекание химических реакций влияет множество факторов, которые можно описать линейными функциями, а с математической точки зрения вообще невозможно.

Поэтому можно сделать вывод, что на данный момент времени не существует универсального метода выбора контролируемых параметров, регулирующих воздействие, который бы учитывал не только физику протекания процессов, но и учитывал бы кинетику и термодинамику.

Основная часть

Компьютеры и информационно-коммуникационные технологии являются мощным инструментом повышения эффективности труда практически в любой сфере деятельности человека. Интерес к компьютерным технологиям как со стороны отдельного специалиста, так и всей отрасли в целом позволяет этой отрасли очень быстро развиваться и совершенствоваться [1].

Моделирование процессов на компьютере позволяет, не прибегая к дорогостоящему натурному эксперименту, оценивать многие характеристики проектируемых производств и процессов, решать задачи, возникающие на стадии разработки, наладки и ввода в эксплуатацию сложного производственного оборудования, а также оценивать эффективность различных технологических методов и вариантов структуры производственных комплексов. Для автоматизации систем управления моделирование процесса производства пока единственный и практически доступный метод оценки управляющих алгоритмов и структурных схем управления.

Для решения задачи построения АСУ горнопромышленными технологиями можно использовать программные продукты, ориентированные на моделирование химических процессов. В связи с этим была выбрана программа ChemCAD, которая позволяет добиться удовлетворительного совпадения результатов расчетов с данными промышленных экспериментов. Это дает возможность решать как задачи повышения эффективности действующих производств, определения оптимальных режимных и конструк-

ционных параметров процессов в отдельных аппаратах с позиции всего производства в , так и влияния того или иного параметра на конечный продукт.

Так, для исследования влияния входных параметров был предложен следующий алгоритм работы:

1. Составляется технологическая схема производства с указанием всех аппаратов и материальных потоков;
2. Определяются критерии, которые характеризуют качество протекания процесса производства и конечного продукта;
3. Рассчитываются номинальные значения входных параметров и соответствующие им показатели качества;
4. Последовательным изменением каждого входного параметра на одну и ту же относительную величину как в большую, так и в меньшую сторону определяем изменение показателей качества;
5. На основании полученных результатов определяем весовые коэффициенты влияния для каждого входного параметра и выбираем регулирующие воздействия;
6. В соответствии с выбранными регулирующими воздействиями моделируем изменение величины параметра в заданном диапазоне для получения динамических характеристик объекта и выбора параметров регулятора.

В результате проведенного анализа можно будет сделать обоснованный выбор регулирующих воздействий и параметров регуляторов. Так, например, если весовой коэффициент близок к нулевому значению, то изменение этого параметра на заданную величину практически не приведет к изменению параметров, которые характеризуют качество процесса и соответственно выбирать этот параметр как управляющий нет смысла.

Чтобы более наглядно представить этот метод, рассмотрим его работу на конкретном примере процесса получения смеси оксидов системы $\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$.

Оксид TiO_2 – является основным продуктом титановой индустрии, одним из важнейших неорганических соединений, применяемых современной промышленностью. Его уникальные свойства определяют уровень технического прогресса в различных секторах мировой экономики.

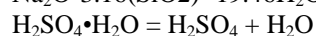
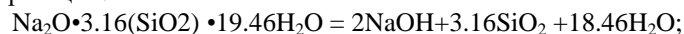
Смешанные оксиды системы $\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$ являются объектом активных исследований в области получения катализаторов для очистки топливных фракций нефти с целью уменьшения остаточного содержания серы, стекол с низким коэффициентом линейного термического расширения и фотонных кристаллов [3], дисперсной фазы электрореологических жидкостей [4].

В данном случае под показателем качества будем понимать процентное содержание SiO_2 и TiO_2 в конечном продукте.

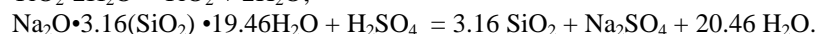
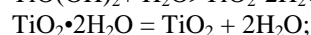
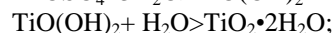
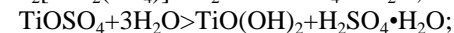
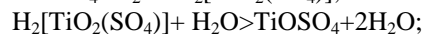
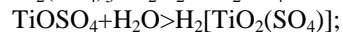
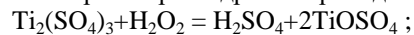
В качестве исходных компонентов использовали 15% - ный раствор трехвалентного сульфата титана и силикат натрия плотностью 1,057.

На первом этапе моделируется подготовка раствора жидкого стекла, затем при постоянном перемешивании происходит нагрев его до 82°C . Далее добавляется определенное количество кислоты, пока pH станет 10,5. Раствор перемешивается в течение 60 мин в реакторе (см. рисунок).

Равновесная концентрация SiO_2 монотонно возрастает с увеличением подачи H_2SO_4 до 0,35 моль/л и в дальнейшем изменяется незначительно. Образование мономера кремниевой кислоты при взаимодействии серной кислоты с раствором жидкого стекла происходит в результате протекания следующей реакции:



Параллельно в отдельной емкости моделируется подготовка раствора четырехвалентного титана. Для этого раствор 15% - ного трехвалентного титана окисляется пероксидом водорода до четырехвалентного в реакторе Гидролиз проходит следующим образом [5]:



При моделировании процесса получения композиционного материала с ядром SiO_2 и оболочкой TiO_2 необходимо определить какие технологические параметры необходимо регулировать и какие при этом выбирать регулирующие воздействия. Другими словами, данный программный продукт позволяет определить в какой степени той или иной технологический параметр при изменении повлияет на качество конечного продукта.

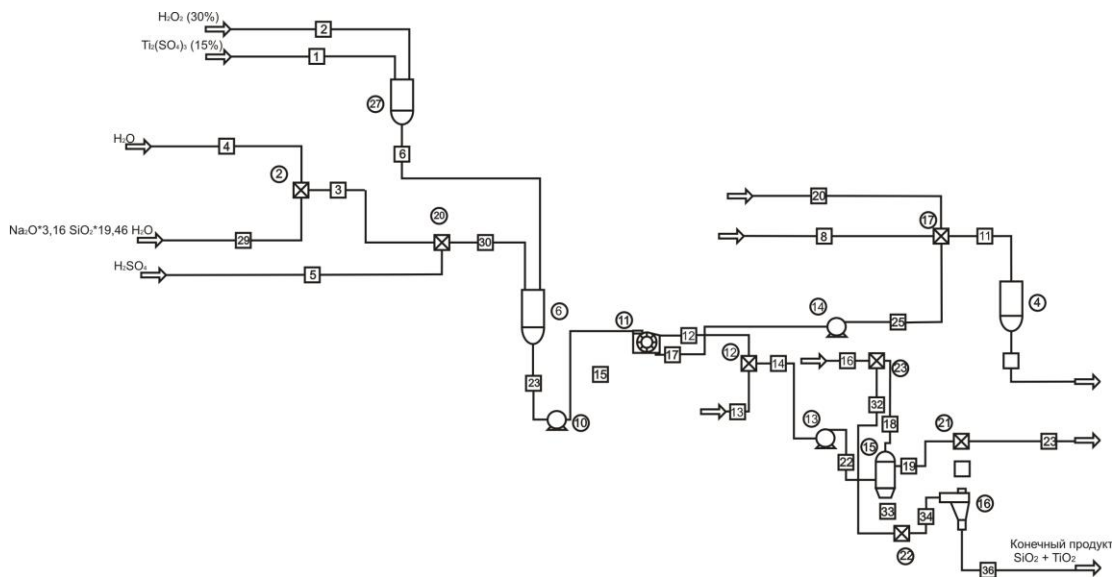


Схема моделирования процесса гомогенного осаждения TiO_2 на SiO_2

В процессе исследования будем рассматривать изменение следующих входных параметров: $F_{1,2}$ – раствор перекиси водорода, $F_{3,4,5}$ – раствор сульфата титана, F_6 – вода, F_7 – силикат натрия, F_8 – раствор серной кислоты, C_1 – концентрация перекиси водорода. Для того, чтобы установить влияние того или иного параметра на конечный продукт, будем задавать 10% - ное отклонение каждого параметра как в положительную, так и в отрицательную сторону.

В качестве показателей качества конечного продукта будем рассматривать соотношение оксидов титана (C_{TiO_2}) и кремния (C_{SiO_2}) в конечном продукте, выраженное в долях, а также суммарный выход продукта (W), выраженный в килограммах.

Для получения весовых коэффициентов влияния мы стабилизируем все входные параметры и задаем отклонение только одному (исследуемому параметру), после чего оцениваем качество продукта на выходе. В результате моделирования были получены экспериментальные данные, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Входные параметры	$F_{1,2}$			$F_{3,4,5}$			F_6		
	-10%	Ном.	+10%	-10%	Ном.	+10%	-10%	Ном.	+10%
Показатели качества	0,260	0,289	0,318	3,503	3,892	4,281	50,523	56,137	61,751
C_{SiO_2}	0,908	0,9	0,9	0,908	0,9	0,899	0,900	0,9	0,900
C_{TiO_2}	0,092	0,1	0,1	0,092	0,1	0,101	0,100	0,1	0,100
W	3,371	3,414	3,414	3,337	3,414	3,418	3,414	3,414	3,414
Входные параметры	F_7			F_8			C_1		
	-10%	Ном.	+10%	-10%	Ном.	+10%	-10%	Ном.	+10%
Показатели качества	10,800	12	13,200	1,053	1,170	1,287	0,270	0,300	0,330
C_{SiO_2}	0,890	0,9	0,903	0,897	0,9	0,900	0,908	0,9	0,9
C_{TiO_2}	0,110	0,1	0,097	0,103	0,1	0,100	0,092	0,1	0,1
W	3,107	3,414	3,503	3,318	3,414	3,414	3,371	3,414	3,414

Для приведения результатов исследования к единому формату выразим отклонение выходных параметров, как и входных, в относительных единицах (проценты от номинального значения). Результаты приведения представлены в табл. 2.

Как видно из этой таблицы изменение одних параметров в большей степени влияет на качество конечного продукта, нежели изменение других параметров. Так, например, изменение расхода F_7 на 10% ухудшает качество конечного продукта более чем на 11%. При этом изменение расхода F_6 практически не влияет на качество конечного продукта. Данная закономерность говорит о том, что для измерения расхода F_7 необходимо применять более точные приборы, а для расхода F_6 менее точные или установить технологическое оборудование, которое будет обеспечивать заданное постоянство расхода F_6 .

Таблица 2

Входные параметры	F _{1,2}		F _{3,4,5}		F ₆	
	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%
C _{SiO₂}	-0,863	0	-0,879	0,117	0	0
C _{TiO₂}	7,769	0	7,91	-1,049	0	0
W	1,28	0	2,269	-0,117	-0,001	0
Входные параметры	F ₇		F ₈		C ₁	
	-10%	10%	-10%	10%	-10%	10%
C _{SiO₂}	1,099	-0,281	0,323	0	-0,863	0
C _{TiO₂}	-9,892	2,532	-2,903	0	7,769	0
W	8,999	-2,597	2,821	0	1,28	0

Исходя из предложенного метода, для того чтобы определить требования к точности измерения того или иного входного параметра необходимо выяснить требования, которые регламентируют допустимые отклонения показателей качества конечного продукта и при помощи описанного выше алгоритма рассчитать какое максимальное отклонение входного параметра не вызовет ухудшение параметров качества выходного продукта.

В результате проведенных исследований мы сможем с высокой степенью достоверности сформулировать требования к точности измерения регулируемых параметров и выбрать соответствующие регулирующие воздействия.

Вывод

При использовании данного алгоритма для проектирования главным является правильное построение технологической схемы и определения регулируемых параметров (параметров которые мы можем изменять в ходе технологического процесса). Данная задача может быть разделена между специалистами разных отраслей: технологи решают вопрос построения правильных технологических схем, специалисты по автоматизации занимаются выбором регулируемых параметров и регулирующих воздействий, а также формируют требования к точности измерений.

Использование данного метода не ограничивается параметрами материальных потоков (расход, концентрация). При помощи данного алгоритма можно оценивать влияние точности определения параметров протекания технологического процесса (температура, давление, уровень, время протекания реакции и т.п.) на качество конечного продукта. Оценивать отклонение параметров технологического процесса можно не только в статическом, но и в динамическом режиме. При этом мы сразу будем получать зависимости параметров конечного продукта от заданного диапазона отклонений соответственно входных.

Применение предложенного метода построения АСУ ТП дает возможность получить не только достоверную информацию на стадии проектирования, но и соответственно построить оптимальную систему управления, что в свою очередь позволит оптимизировать затраты на создание контрольно - измерительных систем при проектировании и модернизации производственных горно - промышленных предприятий и повысить качество производства.

Список литературы

1. Дьяконов В. MathCAD 2001: специальный справочник / В.Дьяконов. – С.Пб.: 2006. – 832с.
2. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: учеб. для студ. высш. уч. завед. / Б. В. Шандров.–М.: Академия, 2007. – 368 с.
3. Синицкий А.С. Особенности синтеза фотонных кристаллов на основе SiO₂ методом самоорганизации коллоидных микрочастиц / Синицкий А.С., Кнотко А.В., Третьяков Ю.Д. // Неорган. материалы. – 2005. – Т. 41. №11. – С. 1336– 1342.
4. Краев А.С. Физико-механические характеристики электрореологических жидкостей на основе наноразмерного диоксида титана / Краев А.С., Агафонов А.В., Нефедова Т.А. // Изв. Вузов. Химия и хим. технология. – 2007. –Т. 50. №6. – С. 35–38.
5. Ахметов Т.Г. Химическая технология неорганических веществ / Ахметов Т.Г., Ахметова Л.Т., Порфирьева Р.Т.// Учебное пособие. – М.: Высш. шк., 2002. – 688 с.
6. Ицкович Э. Л., Методы рациональной автоматизации производства / Э. Л. Ицкович. – Инфра-Инженерия.: 2008. – 240 с.
7. Рульянов А. В. Системы автоматического контроля технологических параметров / Рульянов А.В, Беркут А.Г.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. –144 с.
8. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы: уч. пособ. / И. В. Мирошник. – С.Пб.:, 2007. – 272 с.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Корсуном В.И.