

СЕКЦІЯ 2

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Кац М.Д.

Рубежанский химико – технологический институт
Восточноукраинского университета им. В. Даля, mdkats@is.ua

Одной из наиболее серьезных методологических трудностей, возникающих при идентификации действующего производства, является выбор выходного показателя, с помощью которого можно было бы оценить эффективность его работы. Эти трудности связаны с тем, что математическую модель можно построить только в том случае, когда выходной показатель один. Между тем, эффективность работы любого технологического процесса оценивается множеством критериев (показателями качества выпускаемого продукта, производительностью, себестоимостью, количеством отходов производства и затратами энергетических и материальных ресурсов и т.п.).

Математически правильная постановка задачи оптимизации предполагает наличие только одного критерия. [1].

Основной проблемой при решении задач многокритериальной оптимизации является способ сворачивания всех критериев в один глобальный критерий. Процесс решения многокритериальной задачи состоит в поиске и использовании дополнительной информации, с помощью которой многокритериальная задача сводится к однокритериальной. [2].

Свертка критериев всегда является актом неформальным. Анализ экспертных методов определения весовых коэффициентов позволяет сделать заключение о том, что в настоящее время не существует такого метода, который был бы свободен от недостатков: ограничивающих возможность его использования. [3].

Для эффективного и полностью формализованного подхода к решению проблемы многокритериальности разработаны три новых подхода.

1. Свертка множества выходных показателей в обобщенный критерий, измеряемый в дискретных шкалах [4]. Свертка множества выходных показателей в обобщенный критерий оценки эффективности работы изучаемого технологического процесса, измеряемый в дискретных шкалах, осуществляется следующим образом.

Для каждого частного выходного показателя Y_j задаются допустимые ограничения. По некоторым критериям, например, показателям качества продукта, ограничения задаются в технологической документации (регламентом производства).

Если конкретный выходной показатель удовлетворяет заданным ограничениям он принимает значение 1, если нет – 0.

Обобщенный показатель ($Y_{об}$) принимает значения 1 («хорошо») в тех строках таблицы экспериментального материала, в которых каждый частный выходной показатель Y_j удовлетворяет заданным ограничениям, и значение 0 («плохо»), если хотя бы один из частных критериев не удовлетворяет заданным ограничениям.

Экспериментальная проверка предлагаемого метода, проведенная с помощью имитационного моделирования, доказала его высокую эффективность.

В исходном экспериментальном материале (300 опытов) было только 19 строк, в которых все 3 выходных показателя удовлетворяли заданные ограничения.

После построения математической модели и оптимизации по полученному комплексному критерию только в одной строке из 300 один из выходных показателей был незначительно меньше, заданного ограничения.

2. Свертка множества выходных показателей в обобщенный критерий, измеряемый в континуальных шкалах [5]. Свертка множества выходных показателей в обобщенный критерий оценки эффективности работы изучаемого технологического процесса, измеряемый в континуальных шкалах, осуществляется следующим образом.

2.1. Переходим к измерению значений каждого частного выходного показателя Y_j в диапазоне от 0 до 1. Для этого $Y_j \min$ принимаем равным 0, а $Y_j \max$ – 1. Тогда диапазон вариации значений каждого из выходного показателя ΔY_j будет равен $Y_j \max - Y_j \min$.

Значение обобщенного выходного показателя Y_j^* в k -ой строке таблицы исходного экспериментального материала пересчитывается по формулам:

$$Y_j^* = (Y_{jk} - Y_j \min) / (Y_j \max - Y_j \min),$$

если по условиям задачи Y_j чем больше, тем лучше;

$$Y_j^* = 1 - (Y_{jk} - Y_j \min) / (Y_j \max - Y_j \min),$$

если по условиям задачи Y_j чем меньше, тем лучше.

2.2. В качестве значения обобщенного выходного показателя для k -ой строки ($Y^*_{обк}$) выбирается минимальное значение Y^*_{jk} в этой строке: $Y^*_{обк} = Y^*_{jk \min}$.

Экспериментальная проверка предлагаемого метода, проведенная с помощью имитационного моделирования, доказала его высокую эффективность

В исходном материале количество строк, удовлетворяющих заданным ограничениям, составило: по $Y_1 < 7$ – 142 (47.3%), по $Y_2 > 16$ – 146 (48.7%), по $Y_3 > 81.2$ – 127 (42/3%), по комплексу ($Y_1 < 7, Y_2 > 16, Y_3 > 81.2$) – 37 (12.3%).

После построения математической модели и оптимизации по комплексному критерию, измеряемому в континуальных шкалах, количество строк, удовлетворяющих заданным ограничениям, составило: по $Y_1 < 7$ – 300 (100%), по $Y_2 > 16$ – 300 (100%), по $Y_3 > 81.2$ – 300 (100%), по комплексу ($Y_1 < 7, Y_2 > 16, Y_3 > 81.2$) – 300 (100%).

3. Метод компромиссной субоптимизации [6, 7]. Сущность метода компромиссной субоптимизации заключается в следующем:

3.1. С помощью метода восстановления одномерных зависимостей [4] по экспериментальным данным, полученным в режиме наблюдения за работой изучаемого технологического процесса, строят математические модели зависимости каждого из выходных показателей и по каждой из моделей проводят субоптимизацию: для каждого входного параметра X_i выбирается тот поддиапазон значений, которому соответствует лучшее среднее значение выходного показателя

3.2. Сопоставляют модели субоптимального управления, полученные для каждого из выходных показателей.

Если для какого либо входного параметра (X_i) лучшие поддиапазоны значений совпадают – включаем его в модель компромиссной субоптимизации.

Если для какого либо входного параметра (X_i) лучшие поддиапазоны значений находятся в 1 и 2 поддиапазонах, в модель компромиссной субоптимизации включаем значения от середины 1-ого до середины 2-ого поддиапазонов.

Если для какого либо входного параметра (X_i) лучшие поддиапазоны значений находятся в 1 и 3 (или 1,2 и 3) поддиапазонах, в модель компромиссной субоптимизации включаем значения 2-ого поддиапазона.

Экспериментальная проверка эффективности предлагаемого подхода была проведена на доменной печи №3 Днепропетровского металлургического завода им. Петровского. [7]. За счет оптимизации расход кокса сократился с 597 до 552 кг/т. чугуна (7.6% отн), а производительность печи возросла с 1489.6 до 1678 т. чугуна/сут. (на 12.6% отн.). При стоимости кокса 1000 грн./тонна, фактический экономический эффект составил 27.6 млн. грн. / год.

Выводы. В настоящее время главной проблемой, возникающей при моделировании действующих производств, является проблема корректной постановки задачи исследования.

По существующей парадигме:

- Корректная постановка задачи служит ключом к успеху оптимизационного исследования и ассоциируется в большей степени с искусством, нежели с точной наукой (Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсел. Оптимизация в технике. – М.: Мир, 1986, т. 2).
- Не существует твердых и эффективных правил относительно того, как надо формулировать задачу в самом начале процесса моделирования, т.е. сразу после первого знакомства с ней (Р. Шенон. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. – М.: "Мир", 1987, с. 418).

Решение проблемы многокритериальности позволило вплотную приблизиться к решению главной проблемы, которая возникает при идентификации и оптимизации действующих производств. Появилась возможность формализовать постановку задачи и сформулировать ее следующим образом:

- Найти условия проведения технологического режима, которые обеспечивают получение продукта с заданным качеством и максимальным выходом. При увеличении выхода продукта однозначно решаются задачи увеличения производительности, снижения себестоимости, сокращения отходов производства.

Возможна и другая, столь же эффективная постановка задачи:

- Найти условия проведения технологического режима, которые обеспечивают получение продукта с заданным качеством и максимальной прибылью.

1. *Грушко И.М., Сиденко В.М.* Основы научных исследований. Харьков. Вища школа. 1983. – 224 с.
2. *Расстригин Л.А.* Современные принципы управления сложными объектами. -М.: Советское Радио, 1980. – 232 с.
3. *Глотов В.А., Павельев В.В.* Векторная стратификация. - М.: "Наука", 1984. – 94 с.
4. *Давиденко А.М.* Экспериментальная проверка эффективности метода восстановления одномерных зависимостей для решения многокритериальных задач с помощью имитационного моделирования. Восточно – Европейский журнал передовых технологий. № 3/1 (27) 2007. - с. 9–14.
5. *Давиденко А.М., Кац М.Д.* Разработка и экспериментальная проверка эффективности нового метода свертки частных показателей оценки эффективности работы технологических процессов в обобщенный критерий, измеряемый в континуальных шкалах. Восточно-европейский журнал передовых технологий, №5/4 (29), 2007. - с. 50–54.
6. *Кац М.Д., Давиденко А.М.* Метод компромиссной субоптимизации - методологическая основа повышения эффективности технологических процессов одновременно по энергетическим, экономическим, экологическим и другим показателям. Экология и промышленность. №4, 2008. - с. 61–67.
7. *Грачев Ю.М., Кац М.Д., Давиденко А.М.* Новый подход к решению задачи повышения эффективности доменной плавки одновременно по удельному расходу кокса и производительности. Metallurgical and Mining Industry, №5, 2008. – с. 142–145.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВА РАСТВОРОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Шмельков В.В., Цейтлин М.А., Райко В.Ф.

Национальный технический университет «ХПИ», mzeit@mail.ru

В растворах, используемых в технологии производства кальцинированной соды и сопутствующих химических продуктов, содержится большое число частиц и молекул. Сложность изучения массообменных процессов между газами и этими растворами заключается в том, что методами аналитической химии сравнительно легко могут быть определены только общие концентрации некоторых компонентов. Таких, как, например,