

№ 182

МИСиС

В.М. Клемперт

Моделирование инновационных объектов и процессов

Курс лекций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 182

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ**
Технологический университет



Кафедра инновационного проектирования

В.М. Клемперт

Моделирование инновационных объектов и процессов

Курс лекций

Рекомендовано редакционно-издательским
советом института

УДК 669.02/09.001
К47

Рецензент
канд. техн. наук, доц. *Г.Г. Шапкарина*

Клемперт В.М.
К47 Моделирование инновационных объектов и процессов: Курс лекций. – М.: МИСиС, 2005. – 94 с.

Курс лекций содержит основные понятия и определения в области математического моделирования технологических процессов. Рассмотрены основные задачи математического моделирования, составление содержательного и формализованного описаний, алгоритмизация. Приведена классификация математических моделей инновационного объекта, рассмотрены физические модели, дано понятие о теории подобия. Описаны типы металлургических реакторов в агломерационном, доменном и сталеплавильном производствах. Представлены статистические методы образования математических моделей, дано понятие о факторном эксперименте и имитационном моделировании. Приведены технологические описания металлургических процессов и агрегатов для реализации процессов.

Предназначен для студентов, обучающихся по специальности «Прикладная информатика (в инноватике)» 010502 (3514).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ	5
1.1. Составление содержательного описания.....	9
1.2. Составление формализованного описания.....	9
1.3. Алгоритмизация	11
1.4. Параметры технологического объекта управления.....	13
1.5. Входные, управляющие, возмущающие и выходные величины.....	16
1.6. Параметрическое, стохастическое и нелинейное управление.....	18
1.7. Экспертные оценки	19
1.8. Методы оценки целесообразного объема и уровня автоматизации ..	21
2. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ...	23
2.1. Физические модели	23
2.2. Теория подобия	29
2.3. Основные положения метода анализа размерностей	32
3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ.....	35
3.1. Схема построения математической модели	39
3.2. Блочный принцип разработки математической модели	42
3.3. Отображение информационных свойств объекта управления.....	45
3.4. Алгоритмы контроля информации.....	46
4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИННОВАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	49
4.1. Основные типы металлургических реакторов	50
4.2. Агломерационное производство.....	55
4.3. Доменное производство.....	58
4.4. Сталеплавильное производство	63
5. МОДЕЛИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ БАЛАНСОВЫХ СООТНОШЕНИЙ	71
5.1. Уравнения балансов для проектируемого и действующего процессов	73
5.2. Влияние погрешностей измерений и учета	74
5.3. Показатели технологических процессов	75
5.4. Прогнозирование показателей технологических процессов	76
6. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	77
6.1. Корреляционный анализ и его возможности	78
6.2. Множественная криволинейная корреляционная модель	80
7. ФАКТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ	84
8. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	90
Библиографический список.....	92

Введение

Металлургический объект является сложной системой, характеризующейся чисто физическими, физико-химическими и конструктивными параметрами. Под *моделью объекта* понимается некоторый гомоморфный объект, более простой во всех отношениях, кроме тех признаков и параметров, влияние которых необходимо изучить и определить. При этом идеализированные условия не должны противоречить основным законам физики и химии. Исследуя свойства модели, устанавливают свойства объекта.

Для одного и того же объекта можно выбрать несколько моделей, отличающихся одна от другой по числу принимаемых во внимание параметров. Модель, учитывающая меньшее число признаков и параметров, считается более узкой; большее число – более широкой. Модель может отображать одновременно признаки отдельных частей объекта и его самого, или только свойства объекта в целом. Первую модель называют более сильной по сравнению со второй. Выбор модели определяется решением практических задач.

1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Под моделированием понимают исследование различных объектов (процессов, явлений) на моделях.

В простейших случаях модель воспроизводит изучаемый объект с сохранением его физической природы. К таким случаям относятся продувка моделей летательных аппаратов в их натуральную величину в аэрогидродинамических трубах, изучение свойств гидротехнических сооружений при помощи макетов русловых потоков и т.д.

В некоторых случаях, связанных с чрезмерно большой стоимостью или опасностью натурального эксперимента, моделирование оказывается единственным практически доступным методом получения необходимых сведений об исследуемых процессах.

Вместе с тем условия моделирования нельзя выбирать совершенно произвольно, вне связи с закономерностями, свойственными процессу-оригиналу. Между этими процессами должны быть соблюдены некоторые соотношения подобия, гарантирующие возможность использования сведений, полученных путем моделирования, для оценки свойств процесса-оригинала.

В случае физического моделирования с сохранением природы процесса отношения величин в натуре к соответствующим величинам на модели должны быть постоянными. Эти отношения называются коэффициентами подобия. Таковыми, например, являются отношения линейных размеров, отношения скоростей и т.д.

Методика проведения экспериментов на физических моделях и теория подобия процессов интенсивно разрабатываются. Однако физическое моделирование имеет ограниченную сферу применения. Более широкими возможностями обладает моделирование как метод исследования различных процессов путем изучения явлений, имеющих разное физическое содержание, но описывающихся одинаковыми математическими соотношениями.

Эти возможности обусловлены тем, что при изучении любого процесса методом моделирования необходимо, в первую очередь, построить математическое описание (математическую модель) изучаемого процесса.

Понятие математической модели процесса формулируют следующим образом.

Математической моделью системы называют ее описание на каком-либо формальном языке, позволяющее выносить суждения о некоторых чертах поведения этой системы при проведении формальных процедур над ее описанием.

Под процессом (процессом функционирования некоторой системы) понимают последовательную смену состояний системы во времени.

В качестве системы фигурирует комплекс производственного оборудования (материальные среды, агрегаты, технологические линии, транспортные средства).

Процесс может быть изучен как с качественной, так и с количественной точек зрения.

Любое количественное изучение процесса возможно лишь в том случае, если определены величины, характеризующие процесс с количественной точки зрения. Каждое мгновенное (текущее) состояние системы соответствует фиксированному моменту времени и описывается набором чисел (x_1, x_2, \dots, x_n) , выражающих основные свойства системы. При переходе от одного мгновенного состояния системы к другому значения величин в общем случае меняются.

Величины, описывающие процесс функционирования системы, называют характеристиками процесса. Характеристики процесса можно интерпретировать как координаты точки в n -мерном фазовом пространстве. Каждому мгновенному состоянию процесса соответствует определенная точка.

Если рассматривать фазовые координаты как функции времени t $[x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]$, то можно определить фазовую траекторию системы как совокупность точек, соответствующих отдельным ее состояниям.

Характеристики процесса зависят от величин двух родов. Во-первых, это величины, определяющие свойства системы и ее элементов. Эти величины называют параметрами системы. Во-вторых, существуют величины, определяющие начальное состояние системы – начальные условия.

Математическая модель реального процесса есть некоторый математический объект, поставленный в соответствие данному физическому процессу.

Естественно, что всегда существуют соотношения, которые выражают в виде математических зависимостей реальные физические связи.

Для реализации математической модели реального процесса используют эти соотношения, представленные в виде формул, уравнений, неравенств, логических условий, которые связывают характери-

стики процесса с параметрами соответствующей системы и начальными условиями.

При любом способе использования математической модели для исследования некоторого реального процесса в первую очередь необходимо наметить совокупность искомых величин, т.е. тех характеристик процесса, параметров системы и начальных условий или функций от них, определение которых является целью исследования.

Когда искомые величины выбраны, можно думать о том или другом способе использования математической модели для их определения.

Основные способы использования математической модели: аналитическое исследование процессов; исследование процессов с помощью численных методов; физическое моделирование процессов; моделирование процессов на электронных моделирующих машинах (вычислительные машины непрерывного (аналогового) действия); моделирование процессов на электронных машинах дискретного действия (цифровые вычислительные машины).

Для моделирования какого-нибудь процесса в первую очередь необходимо построить его математическую модель. Математическая модель является результатом формализации процесса, т.е. построения четкого формального (математического) описания процесса с необходимой степенью приближения к действительности.

Изучение системы предусматривает составление содержательного и формализованного описаний.

В зависимости от того, предполагается ли моделировать технологический процесс или производственную систему, проводят разные работы.

Если предполагается моделировать технологический процесс, то необходимо изучить его теоретические основы и составить уравнения математической модели. При составлении уравнений используют уравнения материального и теплового баланса, сведения из физики, физической химии, теории процессов, методы анализа размерностей, сведения по математической статистике, результаты натуральных экспериментов и другие сведения.

Если же предполагается моделировать производственную систему, то приступают к ее изучению. Для этого осуществляют хронометраж ее работы. Затем составляют содержательное описание системы. Его выполняют на естественном языке и оно включает в свой состав описания:

- функций агрегатов и механизмов(основных и вспомогательных);
- последовательности работ на каждом агрегате;

- сведений о случайных факторах (внешних и внутренних);
- ограничений, накладываемых на деятельность агрегатов;
- потоков (материальные, энергетические, информационные);
- буферных емкостей;
- транспортной сети;
- управляющих воздействий;
- ресурсов и ограничения на ресурсы;
- стратегии управления;
- способов прогнозирования длительности работ.

После того как составлено содержательное описание, продумывают различные способы формализации рассматриваемой системы.

Известны три метода решения модели: логический, аналитический и численный с применением вычислительной машины.

Подготовка к решению представляет собой дальнейшую работу по формализации системы. Определяется функциональная блок-схема модели. Далее составляется алгоритм, по которому машина осуществит имитацию функционирования системы.

Решение задачи получают путем моделирования – воспроизведения и исследования изучаемой системы (или процесса) на модели. Решение складывается из двух этапов – предварительного и основного моделирования. При предварительном моделировании проверяют адекватность модели, уточняют модель. При основном моделировании получают решение поставленной задачи.

Метод решения задач с помощью моделирования обладает существенным недостатком – решение всегда носит частный характер. Это является следствием того нетождественного сходства свойств и отношений, которое существует между реальными объектами и моделью. Решение носит частный характер еще и потому, что оно соответствует фиксированным значениям основных параметров системы и начальных условий. Обычно при исследовании системы приходится многократно моделировать процесс ее функционирования, варьируя исходные данные задачи.

Последний этап работы с моделью состоит в анализе полученной информации. Здесь, с одной стороны, анализируют результаты эксперимента с целью выработки рекомендаций по совершенствованию существующей системы, а, с другой стороны, изучают возможности постановки новых задач.