

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

### GENERALS OF CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODELS OF OBJECTS OF ENERGY

Сидоров Д. В., Гаврина О. А., Амилаханов Р. А., Закаев О. О.  
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный  
технологический университет), г. Владикавказ, Gavrina-Oksana@yandex.ru

Sidorov D. V., Gavrina O. A., Amilakhanov R. A., Zakaev O. O.  
The North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy  
(State Technological University), Vladikavkaz

**Аннотация.** В статье представлен анализ методологических аспектов математического моделирования. Рассмотрены подходы к моделированию объектов энергетики.

**Abstract:** The analysis of methodological aspects of mathematical design in the article presents. Going is considered near the design of objects of energy.

**Ключевые слова:** моделирование; анализ методологических аспектов; математические модели; технологические объекты; объекты энергетики.

**Key words:** design; analysis of methodological aspects; mathematical models; technological objects; objects of energy.

Математическое описание объекта управления является необходимым начальным этапом автоматизированного проектирования с применением систем автоматизированного проектирования (САПР). Оно выполняется на основании физических и химических законов, которым подчиняются управляемые процессы.

Под моделированием какого-либо объекта (явления, системы, устройства) обычно понимается воспроизведение и исследование другого объекта, подобного оригиналу в форме, удобной для исследования, и перенос полученных сведений на моделируемый объект [1, 2].

На основе анализа различных методов моделирования в соответствии с требованиями, предъявляемыми к «инструментам САПР», в состав САПР СУ вводятся моделирование на ЭВМ и полунатурное моделирование. С помощью средств САПР осуществляется не только воспроизведение и исследование объекта, но и управление процессами моделирования. При математическом моделировании, моделировании на ЭВМ, в качестве объекта моделирования, оригинала, выступают исходные уравнения, представляющие математическую

модель объекта, в качестве модели – процессы, протекающие в соответствии с этими уравнениями и воспроизводимые на ЭВМ в виде машинных решений.

При автоматизации проектирования специфика проектируемых объектов энергетики находит отражение, прежде всего, в их математических моделях. Однако, несмотря на то, что математические модели разных объектов энергетики также различны, имеется ряд общих положений, справедливых для многих областей техники и относящихся к принципам и методам моделирования.

Прежде всего, это – блочно-иерархическое представление объектов проектирования, естественным образом включающее в себя и математическое представление, т. е. на каждом иерархическом уровне используются свои математические модели, сложность которых согласована с возможностями анализа [3].

Стремление уменьшить сложность модели на каждом иерархическом уровне приводит к расчленению представлений о проектируемых объектах энергетики на большое число уровней. Однако, при этом, увеличиваются количество и сложность задач по согласованию результатов, полученных на различных уровнях. Число фактически используемых иерархических уровней при проектировании конкретных объектов зависит от имеющихся традиций, принятой организации САПР, возможностей используемого математического и программного обеспечения [4].

Наиболее крупными и имеющими место при проектировании большинства технических изделий иерархическими уровнями являются уровни, которые назовем микроуровнем (уровень В), макроуровнем (уровень Б), метауровнем (уровень А). Любой из фактических иерархических уровней или совпадает с одним из названных уровней, или входит в один из них как некоторый подуровень. Поэтому в данной статье рассматриваются характерные особенности математических моделей, используемых на микро-, макро- и метауровнях.

На микроуровне при моделировании фазовые переменные фигурируют как функции нескольких независимых переменных, к которым относятся пространственные координаты и время, причем и пространство, и время рассматриваются как непрерывные. Математические модели должны отражать процессы, протекающие в общем случае в трехмерной сплошной среде. Элементами микроуровня являются участки объемной структуры, например прямоугольный участок резистивной области в интегральной схеме, участок несущей конструкции здания или жидкая фаза в парогенераторе и т. п. Типичными фазовыми переменными микроуровня будут плотность тока, напряженности полей, концентрации частиц и др. Внутренними параметрами могут быть, например, такие величины, как коэффициенты теплопроводности, доля реактивной энергии, геометрические размеры элементарных участков, а выходными параметрами – электрическое сопротивление участка провода, жесткость пружин релейных агрегатов и т. п.

Типичные математические модели данного уровня представляют собой дифференциальные уравнения в частных производных. В связи с учетом характера воздействий и фазовых переменных, распределенных в пространстве, эти модели часто называют распределенными моделями. Решение дифференциальных уравнений в частных производных представляет значительные вычислительные трудности. Использование распределенных моделей ограничивается случаями объектов с малым числом участков, рост сложности задачи при увеличении протяженности пространственных и временных областей быстро приводит к необходимости перехода к следующему иерархическому уровню – макроуровню.

На макроуровне используют представление о средах как о дискретном пространстве. Эта дискретизация означает переход от распределенных к сосредоточенным моделям. Элементами этого уровня являются объекты, которые на микроуровне рассматривались как системы (например, сопротивления элементов сети, преобразователи в схемах, компенсирующие устройства и т. п.). Параметры этих элементов, будучи на микроуровне выходными, здесь становятся внутренними. Примерами выходных параметров макроуровня являются коэффициент усиления усилителя, разрешающая способность оптического прибора, сила тяги двигателя и т. п. Типичными фазовыми переменными являются токи и напряжения в электрических системах, скорости и силы в механических системах, потоки и давления в гидравлических и пневматических системах.

Математические модели систем макроуровня представляют собой обыкновенные дифференциальные уравнения, в частных случаях статических задач превращающиеся в алгебраические и трансцендентные уравнения. С ростом числа элементов и, соответственно, порядков систем уравнений, возможности решения задач на основе математических моделей макроуровня резко сужаются, становится необходимым переход к представлениям следующего иерархического уровня.

На метауровне системы – это сложные устройства и комплексы. Например, функционирование информационных и вычислительных систем рассматривается как цепь событий, происходящих в дискретные моменты времени и заключающихся в изменении состояний элементов. Дискретное представление пространства и времени обуславливает дискретность фазовых переменных, которыми являются величины, характеризующие состояния элементов. Роль элементов и внутренних параметров выполняют системы и выходные параметры предыдущего иерархического уровня. Так, элементами ЭВМ на метауровне можно считать арифметическое устройство, оперативную память, устройства ввода и др. Примерами выходных параметров служат вероятность обслуживания поступивших в систему заявок (сообщений), среднее время простоя в очереди на обслуживание, быстродействие устройства [4].

Для построения математических моделей метауровня широко используют методы теории автоматического управления, методы планирования эксперимента, математическую логику, теорию массового обслуживания.

#### Список использованных источников

1. Алексанкин А. Я., Бржозовский А. Э., Жданов В. А. [и др.] Автоматизированное проектирование систем автоматического управления / под ред. В. В. Солодовникова. М. : Машиностроение, 1990. 332 с.
2. Сольницев Р. И. Автоматизация проектирования систем автоматического управления. М. : Высшая школа, 1991. 335 с.
3. Норенков И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем: учеб. пособие для втузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1986. 304 с.
4. Сидоров Д. В., Гаврина О. А. Анализ методологических аспектов математического моделирования динамики сложных технологических объектов // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы двенадцатой Всерос. науч.-практ. конф. Т. II. Старый Оскол : СТИ НИТУ МИСиС, 2015. 400 с.

УДК 662.76

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПГУ С ВНУТРИЦИКЛОВОЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ УГЛЯ

### EFFICIENCY ANALYSIS OF THE IGCC

Смирнов А. И., Богатова Т. Ф., Осипов П. В.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, tes@mail.ru

Smirnov A. I., Bogatova T. F., Osipov P. V.

Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** ПГУ с внутрицикловой газификацией является коммерческой технологией с высокой эффективностью при использовании различных типов топлив. Дальнейшее улучшение экономичности и снижения выбросов являются важнейшими задачами производства энергии. Рассмотрены и смоделированы с использованием Aspen Plus различные методы повышения эффективности. Проанализированы эксплуатационные условия и интеграционные процессы.

**Abstract:** Integrated gasification combined cycle (IGCC) is a commercial used power generation system with high efficiencies for a variety of feedstocks. Further improvement of its efficiency and thereby lowering emissions are important tasks to achieve a more sustainable energy production. Different methods are considered and