

# СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА КАК ОБЪЕКТ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сидоренко Ю.В.

*Самарский государственный архитектурно-строительный университет,  
Самара, Россия*

e-mail: sm-samgasa@nm.ru

В системном плане строительно-технологическая производственная система (СТПС):  
может быть разбита на подсистемы, которые, в свою очередь, подразделяются на подсистемы более низкого уровня иерархии;

взаимодействует с внешней средой через входные, выходные, управляющие параметры;

имеет совокупность целевых функций (как для всей системы в целом, так и для отдельных ее подсистем).

Сложность изучения СТПС связана с многообразием параметров и сложностью их взаимодействия, работой отдельных агрегатов в различных режимах, наличием в системе обратных связей; материальные потоки в системе являются многокомпонентными и представляют собой сложные гетерогенные процессы, в которых происходят химические реакции, фазовые переходы и т.п. Кроме того, сказывается влияние возмущений, как на входные параметры (например, изменение параметров сырья (массовый расход, концентрация, влажность, дисперсный состав) и энергоносителей (давление и температура пара, напряжение и частота тока и т.д.)), так и внутренние (отказ оборудования от эксплуатации и проч.). Функционирование подобных СТПС осуществляется в узком диапазоне изменения ряда технологических параметров по химическому составу, влажности, температуре, соотношению компонентов.

В условиях рыночной экономики переход от планирования изготовления партии изделий к их производству под определенный заказ требует гибкости производства, быстрой переналадки под разнообразный ассортимент продукции, что еще больше усложняет структуру СТПС.

В структурном плане в СТПС можно выделить:

основное производство, которому соответствуют материальные и энергетические потоки по выпуску продукции строительного назначения;

вспомогательное производство (т.е. инженерные сети), которому соответствуют материальные и энергетические потоки, способствующие решению основной задачи (например, гидравлические, тепловые и др. схемы). Потокораспределение описывается совокупностью нелинейных алгебраических уравнений на основе первого и второго законов Кирхгоффа и реализуется итерационными методами [1 - 4];

металлообрабатывающее производство, где движение полуфабрикатов по операциям осуществляется в соответствии с маршрутными технологиями на основе комплектовочных ведомостей, удельных расходов сырья, материалов, комплектующих, энергоносителей, трудовых ресурсов, оборудования (пример - переработка арматурной стали на заводе железобетонных изделий). Описание подобных процессов возможно с помощью внутризаводского оперативного планирования в виде таблиц и циклограмм, матричных методов, методов сетевого планирования и управления (СПУ) и имитационных моделей. Информационная поддержка осуществляется пакетами TimeLine, Microsoft Projekt и др.

Материальным и энергетическим потокам СТПС соответствуют информационные потоки. В соответствии с регламентированностью стадий разработки первоначальный синтез схемы СТПС производится на стадии эскизного проектирования в следующем порядке:

выбор схемы производства, режима работы предприятия;

подбор состава смеси (на  $1\text{м}^3$ ) и его экспериментальная проверка;

расчет потребности предприятия в сырьевых ресурсах для выполнения программы выпуска (с учетом потерь на технологических переделах);

выбор основного технологического оборудования и его количества, руководствуясь каталогами оборудования, соображениями надежности; технико-экономическая проработка альтернативных вариантов;

формирование структурной схемы технологического процесса;

расчет потребных энергетических ресурсов (электроэнергия, пар, сжатый воздух и т.д.)

Создание СТПС осуществляется последовательно, на основе анализа и синтеза. Поверочный расчет предполагает выполнение материальных и энергетических расчетов на основе балансовых уравнений, основываясь на определенной схеме и конструктивных параметрах. Если в проектировочном расчете осуществляется выбор одного из решений из множества допустимых, то при поверочном расчете система уравнений замкнута, получается одно решение. Вышеприведенные расчеты выполняются в предположении, что СТПС работает в квазинепрерывном режиме. В действительности СТПС функционирует в дискретно-непрерывном режиме. Так, например, гасильный реактор, прессовое оборудование работают в непрерывном режиме, а автоклав - в периодическом. Следует отметить, что формирование динамических режимов работы СТПС связано со знанием кинетических зависимостей по растворению, кристаллизации, диффузии и т.д., разработкой базы данных по математическим моделям типовых агрегатов и процессов и пока не могут быть реализованы в должной мере.

Расчет материальных и энергетических потоков для стационарного режима является ключевым элементом в проектировании предприятий по выпуску штучных строительных изделий и производится после синтеза технологической схемы. Особенностью синтеза СТПС является тот факт, что большинство операторов в схеме действуют в периодическом режиме, причем один из блоков является лимитирующим. Узвзка работы всех блоков, т.е. их работа в квазинепрерывном режиме, производится за счет введения в схему промежуточных бункеров, параллельных ветвей и т.д. Особенностью схемы также является наличие замкнутых обратных контуров, введение которых обычно связано с повышением КПД системы (доиспользование материальных и энергетических потерь) и экологической безопасности проекта. Однако подобные контуры приводят к возникновению замкнутых подсистем алгебраических уравнений. Конструктивно организация перемещения материальных потоков в СТПС осуществляется различными видами конвейеров и элеваторов, гидро- и пневмотрубопроводами, транспортными тележками, кранами, автотранспортом и т.д.

При проектировании СТПС студенты часто испытывают затруднения в разработке алгоритма расчета. Причинами здесь могут быть:

неправильная постановка задачи для установления подмножества свободных, расчетных, регламентированных параметров, в результате этого получается несовместимая система уравнений;

наличие в схеме расчета замкнутых подсистем, для решения которых необходимо применение численных методов;

неправильный выбор для расчета типов материальных балансовых соотношений.

Каждый вид СТПС требует задания подмножества ограничений на материальные и энергетические потоки и, следовательно, своего индивидуального расчета. Автоматизация расчета материально-энергетических потоков является важным компонентом проектирования, однако при этом необходимо не только формализовать схему, но и предложить типовые подходы к ее реализации. Так, в основе математического описания подобных систем используются матрично-топологические методы. Матричные методы расчета предлагают лишь "работоспособное" решение, но не оптимальное. Однако они имеют и ряд преимуществ:

такие модели позволяют, формализуя процесс расчета материальных и тепловых потоков, внедрить средства автоматизации вычислений;

позволяют быстро проанализировать систему при различных граничных условиях и получать ответ на вопрос: "А что, если..."; особенно это важно для производств с изменяющейся загрузкой;

возможно построить систему ежедневного контроля и корректировки технологических потоков, учета продукции, сырьевых и др. потерь;

являются необходимым элементом к формированию оптимизационных моделей;

в совокупности с информационными и финансовыми потоками позволяют разработать модель управления СТПС.

В промышленности для расчета технологических потоков используются такие пакеты, как Trace Mode, Sigmafile, DATACON, Production Balance, ARPM, IPM+ и др. Однако их адаптация для решения задач в области строительных технологий и связанные с этим большие временные затраты, значительная стоимость затрудняют широкое внедрение этих пакетов в разделы курсового и дипломного проектирования для студентов строительных вузов. Наш опыт показывает, что в учебном процессе для этих целей могут быть использованы общие пакеты типа электронной таблицы Microsoft Excel и математического пакета MathCAD [5], тем более, что эти пакеты студенты осваивают в ходе изучения курсов компьютерных и информационных технологий.

Математическое моделирование материальных и энергетических потоков СТПС включает в себя (помимо уравнений материальных и энергетических балансов) топологическое описание конфигурации технологической схемы, в основе которого находится понятие графа [6].

### Литература

1. Кафаров В.В., Перов В.Л., Мешалкин В.П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. – М.: Химия, 1974.
2. Васильков Ю.В., Василькова Н.Н. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999.
3. Демидович Б.И., Марон И.А. Основы вычислительной математики - М.: Наука, 1996.
4. Евдокимов А.Г., Дубровский В.В., Тевяшев А.Д., Потокораспределение в инженерных сетях. – М.: Стройиздат, 1979.
5. Дьяконов В.П. Абраменкова И.В. MathCAD 7.0 в математике, физике и Интернете. – М.: Нолидж, 1999.
6. Евстигнеев В.А., Касьянов В.Н. Теория графов: алгоритмы обработки деревьев. – Новосибирск: Наука, 1994.