

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛКОСЕРИЙНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ**С. В. Терентьев (Орел)**

Практика показывает, что, несмотря на большие достижения в области математического моделирования производственных систем, стремительное развитие вычислительной техники, значительные капитальные вложения в информационные технологии, на многих отечественных предприятиях уровень организации производства по-прежнему остается крайне низким.

Повышение качества управления непосредственно производственной деятельностью – задача, актуальная для большинства российских предприятий, в чем приходится убеждаться как во время бесед с руководителями предприятий и специалистами, так и в ходе участия в семинарах и конференциях, посвященных внедрению информационных систем управления предприятиями.

На сегодняшний день интегрированные системы управления предприятиями представляют собой емкий и достаточно насыщенный сегмент рынка программного обеспечения. Хорошо известны лидеры в данной сфере (Oracle Applications, SAP R/3, Ваан), широко обсуждаются возможности, преимущества и недостатки подобных систем. Например, в Институте проблем управления РАН ежегодно проводятся семинары, на которых разработчики интегрированных систем управления предприятиями представляют свои последние достижения [1, 2].

Большинство таких пакетов позиционируются на рынке программного обеспечения как системы класса ERP. Известно, что для того, чтобы считаться полноценной ERP-системой, интегрированная АСУП должна включать в себя определенный набор возможностей (блоков, модулей), реализующих теоретическую базу соответствующей концепции управления предприятием.

В качестве обязательного блока концепции ERP выступает *моделирование (simulation)*. Как указывается в соответствующей литературе [3], реализация блока *simulation* предполагает прежде всего возможность проведения подробного моделирования. В этом случае каждая номенклатурная позиция, заказ, единица оборудования, инструмент и т.д. могут быть промоделированы на детальном уровне – параметр за параметром, – чтобы оценить их влияние на общий результат или на отдельный аспект работы предприятия.

Однако нужно признать, что лишь небольшая часть из предлагаемых на рынке пакетов программ в достаточной степени реализуют возможности моделирования. Это системы зарубежных производителей, ориентированные на внедрение в крупных компаниях и оказывающиеся «не по карману» большинству отечественных промышленных предприятий. Что касается российских производителей программного обеспечения (здесь можно выделить пакет «Галактика»), то в большинстве пакетов возможности моделирования проработаны достаточно слабо, акцент сделан на автоматизации учетных функций и управлении финансовыми потоками.

В то же время необходимость в использовании инструментов, позволяющих адекватно моделировать производственный процесс (а следовательно, эффективно планировать и прогнозировать его течение), для многих предприятий совершенно очевидна. Это, в первую очередь, относится к предприятиям, где производимая продукция характеризуется большой конструктивной и технологической сложностью, длительным производственным циклом. Объективная картина такова, что руководители и специалисты, не располагая средствами модельного представления производства, оказывают-

ся просто не в состоянии справиться со сложностью и масштабами производственной системы.

В таких условиях применение имитационного моделирования часто может рассматриваться как «метод последней надежды».

Нами предложен и проверен на практике подход к построению модели производственного процесса для предприятий с мелкосерийным и единичным характером производства. Подход разработан совместно со специалистами ЗАО «Научприбор» (г. Орел), поэтому носит ярко выраженный практический характер.

Соответствующие теоретические положения докладывались в рамках конференции ИММОД-2003 [4]. Подход предполагает использование для целей планирования и управления производственным процессом его формальной модели. Последняя представляет собой сочетание сетевой модели, отражающей структуру производственного процесса, и имитационных процедур, позволяющих исследовать его динамику.

Моделирование сводится к пошаговому воспроизведению функционирования производственной системы, образованной множеством ресурсов и технологических операций на некотором интервале времени. В процессе имитации исходная информация преобразуется в выходную в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.



Преобразование информации в процессе функционирования имитационной модели

Пожалуй, наиболее трудоемкой задачей, которую приходится решать в процессе использования модели, является подготовка исходной информации, включая внесение ее в базу данных специальной структуры. Опыт показывает (модель проходила апробацию на двух предприятиях: ЗАО «Научприбор» и ЗАО «ПродмашОрел»), что необходимую информацию следует собирать из различных источников:

– электронные базы данных, имеющиеся на предприятии. Как правило, это информация о конструктивном составе выпускаемых изделий, некоторые технологические сведения. В любом случае данные приходится конвертировать для обеспечения совместимости с используемой в модели СУБД, а также применяемыми форматами хранения данных;

– бумажные носители. Большинство необходимых данных переносятся из технологической документации;

– сведения, непосредственно предоставленные специалистами предприятия. Это информация о специфике производственного процесса, которая фиксируется при помощи работников планово-диспетчерского отдела, начальников цехов, начальников участков, мастеров.

Широкие возможности, заложенные в имитационном подходе, позволяют учесть в модели ряд специфических особенностей, существенно важных в реальных производственных условиях. В результате анализа, проведенного совместно с работниками упомянутых выше предприятий, были выявлены и систематизированы факторы, оказывающие существенное влияние на протекание производственного процесса:

- взаимозаменяемость ресурсов (оборудования и рабочих);
- необходимость совместного использования ресурсов;
- режим использования ресурса в процессе выполнения технологической операции (соотношение ручного и машинного времени);
- количество одновременно обрабатываемых деталей;
- затраты времени на переналадку оборудования;
- порядок и продолжительность транспортировки деталей из цеха в цех, с участка на участок;
- графики работы персонала и оборудования (например, учет отпусков).

Главной задачей проведения имитационных экспериментов является получение рациональных производственных планов. При этом можно проводить многовариантный анализ получаемых планов производства, варьируя некоторые входные параметры. Для получения альтернативных вариантов плана можно изменять используемые при имитации правила предпочтения, а также моменты запуска отдельных деталей в производство. Особенно важен первый параметр.

Специфическими для задач планирования методом имитации являются конфликтные ситуации, когда на один и тот же ресурс (оборудование, персонал) претендуют несколько технологических операций, причем ресурс может быть закреплен только за одной из них. Такие ситуации ликвидируются введением специальных разрешающих правил (функций предпочтения).

По значениям некоторой функции, заданной заранее или вычисляемой для всех операций в процессе решения, выбирается операция, за которой резервируется дефицитный ресурс. Тождественным понятию функции предпочтения является понятие приоритета. Для рассматриваемых условий применения оно обозначает количественный признак или определенный индекс, по которому может быть установлена очередность выполнения работ.

Нами были сформированы шесть различных правил предпочтения.

Правило № 1. Приоритет отдается технологическим операциям с наименьшим резервом времени. В качестве последнего используется полный резерв времени операции, рассчитанный по соответствующим формулам, применяемым в сетевом анализе [5].

Правило № 2. Приоритет отдается операциям с наибольшим резервом времени.

Правило № 3. Случайное назначение приоритетов. Производится равновероятный выбор той или иной операции в случае возникновения ресурсного конфликта. Применение правила дает возможность получения практически неограниченного количества вариантов плана (в случае моделирования больших производственных систем).

Правило № 4. Приоритет отдается операциям с меньшей продолжительностью. В литературе систему приоритетов этого типа часто называют «правилом кратчайшей операции».

Правило № 5. Приоритет отдается операциям с большей продолжительностью.

Правило № 6. Приоритет отдается операциям с меньшим порядковым номером изделия. Применяется в условиях мелкосерийного производства. Если, например, производится партия из нескольких приборов, то им условно присваиваются порядковые номера. Использование данного правила ориентировано на скорейший выпуск изделий, обладающих меньшим номером.

Применение различных правил предпочтения позволяет получить широкий спектр планов. При неизменности остальных условий и параметров модели характеристики получаемых производственных расписаний полностью определяются используемыми правилами предпочтения. В качестве примера в таблице приведены результаты (указана основная характеристика плана – общая продолжительность) имитационных экспериментов по получению планов производства для некоторых сборочных единиц.

Результаты имитационных экспериментов

Предприятие	Моделируемый процесс	Продолжительность плана, раб. смен					
		Используемые правила предпочтения					
		№1	№2	№3	№4	№5	№6
ЗАО «Научприбор»	Изготовление партии из 10 приборов АПУ 5887061 Камера МПК	77,9	58,4	63,0	72,4	80,6	56,5
ЗАО «Научприбор»	Изготовление партии из 5 приборов АПУ 5139077 МИК с электроникой регистрации	6,9	5,5	6,8	5,5	6,9	5,5
ЗАО «Научприбор»	Изготовление партии из 10 сборочных единиц АПУ 4115010 Стойка	87,6	58,0	58,5	65,4	87,4	58,0
ЗАО «ПродмашОрел»	Изготовление партии из 13 сборочных единиц ОКА-2.05/11 231.00 Патрон фасовочный	10,3	8,2	8,8	9,6	10,3	8,0

В хозяйственной практике при планировании производства чаще всего применяют способ организации, близкий использованию правила №1. При таком методе организации вся партия деталей, не разбиваясь, последовательно продвигается по стадиям технологического маршрута. Применение такого подхода, во-первых, облегчает расчет плана, а во-вторых, снижает затраты времени на переналадку оборудования.

Результаты большого количества проведенных экспериментов позволяют утверждать, что для условий мелкосерийного производства использование правил предпочтения №6 и №2 дает планы, лучшие с точки зрения общей продолжительности выполнения производственного задания, однако при этом существенно возрастают затраты времени на переналадку технологического оборудования.

Таким образом, окончательный выбор варианта плана, который будет выбран в качестве базового (или опорного), остается за человеком.

Приведенная выше схема позволяет понять, каким образом имитационная модель способна помочь в определении сроков выполнения заказов потребителей. Кроме того, имитационные эксперименты можно использовать и для ответа на некоторые другие вопросы, например:

- какое производственное звено лимитирует процесс в целом, т.е. какое звено является «узким местом»;
- какие детали и сборочные единицы необходимо запустить в производство раньше, а какие могут «подождать»;
- какие компоненты изделия целесообразно изготавливать по кооперации на других предприятиях с точки зрения конечных сроков выпуска продукции, загрузки собственных мощностей.

Необходимо сказать также, что, как бы ни был хорош построенный план, в реальных производственных условиях он очень скоро нарушится. Поэтому необходимо отслеживать ход производственного процесса и при необходимости корректировать его. Разработанный нами программный продукт (включающий модель как один из компонентов) позволяет фиксировать факт выполнения технологических операций, по-

зволюя затем проводить моделирование, основываясь на данных о текущем состоянии производственной системы.

Собственно, модель построена в соответствии с принципами событийного моделирования. В качестве средства программной реализации использована система *SMPL* (*Simulating Modeling Program Language*), построенная в виде отдельного модуля для среды визуального программирования *Borland Delphi*.

Итак, большие производственные системы – это сфера, где имитационное моделирование часто является единственным способом адекватного описания исследуемых процессов. Для предприятий использование метода моделирования в целях повышения эффективности управления производством – весьма актуальная задача.

В большинстве современных программных продуктов, позиционируемых как интегрированные системы управления предприятиями, блок модельного описания производственных процессов проработан достаточно слабо или же такие системы оказываются слишком дороги для отечественных компаний. Мы считаем, что модели, разработанные на изложенных выше принципах, могут быть успешно «встроены» в структуру автоматизированной системы управления предприятием, а их грамотное применение позволит существенным образом повысить уровень организации производства.

Наш опыт показывает, что представленные модели можно использовать в реальных ситуациях. Будучи продемонстрированными специалистам на предприятиях, они оказываются понятными по своей сути, дают наглядные, легко интерпретируемые результаты, показывают свое качественное превосходство над интуицией и практическим опытом.

Литература

1. **Алексейчук А.Е., Гребенюк Е.А., Ицкович Э.Л.** Современные интегрированные АСУП (ERP-пакеты) на рынке СНГ. Часть I. Пакеты отечественных производителей/Под ред. Э.Л. Ицковича. – М.: Институт проблем управления РАН, 2003. – 149 с. – (Серия аналитических сопоставительных обзоров по автоматизации производства. Вып. 7).
2. **Алексейчук А.Е.** Современные интегрированные АСУП (ERP-пакеты) на рынке СНГ. Часть II. Пакеты зарубежных производителей/А.Е. Алексейчук, Е.А. Гребенюк, Э.Л. Ицкович/Под ред. Э.Л. Ицковича. – М.: Институт проблем управления РАН, 2003. – 149 с. – (Серия аналитических сопоставительных обзоров по автоматизации производства. Вып. 8).
3. **Гаврилов Д.А.** Управление производством на базе стандарта MRP II – СПб.: Питер, 2002. – 320 с. – (Серия «Теория и практика менеджмента»).
4. **Терентьев С. В.** Об одном подходе к построению имитационной модели производственного процесса//Материалы Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2003.– СПб., 2003. – Т.1. – С. 185–189.
5. **Ахьюджа Х.** Сетевые методы управления в проектировании и производстве/Пер. с англ. Под ред. В.В. Калашникова. – М.: Мир, 1979. – 638 с.