

ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕЛКО- И СРЕДНЕСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю.А. Зак

Сформулированы задачи, которые могут решать системы имитационного моделирования для нужд мелко- и среднесерийного производства. Определены требования, предъявляемые к системам имитационного моделирования для данного класса производств, описаны стратегия и параметры выборочного контроля на различных стадиях ТП, а также последовательность проведения экспериментов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, контрольные операции, мелко- и среднесерийное производство, эксперименты, графический интерфейс.

Введение

Имитационное моделирование в области производственных процессов широко применяется, когда проведение экспериментов над реальной системой невозможно, но при этом необходимо определить наиболее эффективные способы организации и проектирования ТП, составить оперативные и календарные планы выпуска продукции, управлять материальными потоками и маневрировать трудовыми ресурсами [1–3]. Применение методов имитационного моделирования наиболее эффективно в условиях средне- и мелкосерийного производства. В зависимости от структуры предприятия, имеющегося портфеля заказов, графика их выполнения, состояния оборудования, запасов сырья, полуфабрикатов и незавершенного производства, наличия трудовых ресурсов необходимо составить наиболее эффективный по технико-экономическим показателям календарный план работы предприятия. В этих условиях производственный процесс должен быть не только экономически эффективным, но также гибким и легко перестраиваемым под требования рынка.

Системы имитационного моделирования, ориентированные на решение специальных задач, используют языки программирования GPSS, Modula-2, Simula, Simgscript, SLAM, Pascal, C, C++, Java и позволяют пользователю в рамках имитационной модели объекта создать заданную структуру производственного комплекса, описать материальные потоки, функции отдельных блоков, в приемлемой форме представить результаты выполненных расчетов и т.д. Однако для предприятий малой и средней мощности, у которых зачастую нет высококвалифицированных специалистов по информатике и программированию, выполнение работ по адаптации системы имитационного моделирования к конкретному производственному процессу не представляется возможным. Им нужны простые в эксплуатации программные системы, в которых выполнение всех этих функций должно осуществляться с помощью интуитивно понятного графического интерфейса.

Использование систем имитационного моделирования в оперативном управлении средне- и мелкосерийным производством должно помочь в решении следующих задач:

– быстрая реорганизация и перепланирование производства в соответствии с требованиями заказ-

чиков и состоянием производственных, материальных и трудовых ресурсов, а также незавершенного производства;

- сокращение времени выполнения заказов и объема запасов незавершенного производства;
- повышение вероятности завершения выполнения заказов в установленные договорами сроки;
- повышение коэффициентов загрузки технологического оборудования;
- сокращение производственных расходов и процента брака;
- повышение квалификации персонала на основе приобретенного ими опыта работы с имитационной моделью.

Особенности использования систем имитационного моделирования в мелко- и среднесерийном производстве электронной аппаратуры и приборостроении

Системы имитационного моделирования, ориентированные на широкое использование в производстве электронной аппаратуры и приборостроении, должны удовлетворять ряду специфических требований.

1) Возможность проведения имитационных экспериментов с учетом контрольных операций, так как производство электронной аппаратуры предусматривает большое число операций контроля на различных стадиях ТП. Система имитационного моделирования должна предоставить пользователю возможности: выбора стратегии проведения контрольных операций, задания различных технологических параметров, использования различного контрольного оборудования, а также включать разнообразные алгоритмы расчета вероятности и стоимости выпуска брака и времени производственного цикла.

2) Процесс моделирования должен выполняться в реальном календарном времени, так как современные производства подразумевают наличие ТП, характеризующиеся различной длительностью. В системе необходимо предусмотреть возможности графического ввода и корректировки фактического календарного времени работы производства с учетом выходных и праздничных дней, числа и продолжительности рабочих смен, времени перерывов, введения дополнительных часов работы.

3) Возможность манипулирования трудовыми ресурсами в имитационной модели, так как в зависи-

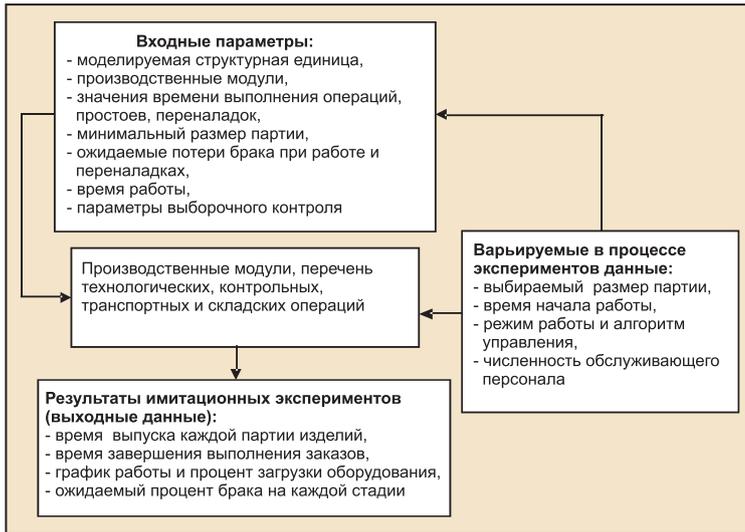


Рис. 1. Схема преобразования входных, выходных и варьируемых данных для производственных, транспортных и контрольных операций моделируемой системы

мости от потребностей производства один и тот же специалист может выполнять в различные моменты времени одну или сразу несколько различных технологических операций, обслуживать один или несколько производственных модулей.

4) Возможность проведения имитационного моделирования с различной степенью детализации производственного процесса (укрупненная производственная модель, некоторая совокупность объектов или с точностью до технологической операции и каждой единицы оборудования). При этом в качестве объекта моделирования может выбираться любая структурная единица из заданной иерархии моделей производства. В процессе моделирования должна быть предусмотрена возможность выбора различных алгоритмов и режимов работы производственного

модуля, а также режимов его обслуживания (численный и квалификационный состав персонала).

Основными типами объектов имитационной модели являются: различного вида обрабатывающие модули (станки, реакторы, промышленные роботы, технологические установки, машинные комплексы, гибкие производственные модули и др.); транспортные модули; модули контроля; буферные емкости, склады материалов и готовой продукции, накопители заданной емкости; управление транзакциями.

На рис. 1 и 2 показаны взаимосвязи входных параметров, варьируемых переменных, выходных данных, полученных в ходе выполнения имитационных экспериментов.

Графический интерфейс системы имитационного моделирования должен наглядно в РВ отображать на экране оператора выбираемый из каталога производственный объект, таблицу его технико-экономических показателей, предоставлять возможность их коррекции и внесения дополнений, задавать требуемую численность обслуживающего персонала для каждого объекта, выбирать различные алгоритмы работы данного производственного модуля. В ходе имитационного моделирования работающие производственные модули отражаются на экране другим цветом или в режиме мерцания. Тем самым они выделяются среди объектов или структурных единиц, находящихся в режиме простоя или переналадки.

Определение стратегии и параметров выборочного контроля на различных стадиях ТП

Большое значение в системах управления производством электронной аппаратуры имеет выбор наиболее эффективной стратегии выборочного контроля. Решение вопросов, какое число выполненных ранее технологических операций в данном контрольном модуле должно быть подвержено контролю, а также какая должна быть частота операций выборочного контроля, во многом определяет процент брака, время производственного цикла, а также объемы материальных и трудовых затрат на производство. Ужесточение операций выборочного контроля снижает процент брака и объем материальных затрат на производство, однако может привести к увеличению времени выполнения заказов, повлиять на графики выполнения производственного плана и, кроме того, требует большего объема трудовых ресурсов. Компромиссное решение данной производственной задачи может быть найдено при помощи имитационного моделирования в зависимости от конкретной производственной ситуации. На основе экс-

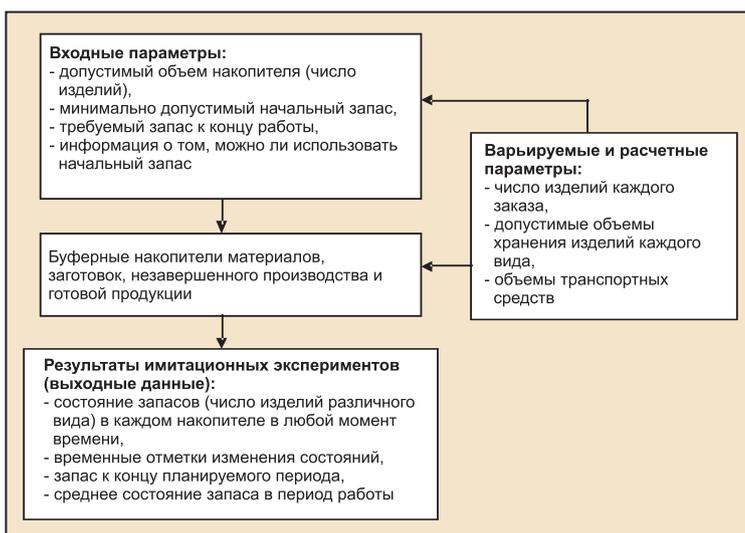


Рис. 2. Схема преобразования входных, выходных и варьируемых данных для операций, реализуемых в буферных накопителях и складских модулях моделируемой производственной системы

Таблица. Этапы применения системы имитационного моделирования

Мероприятия	Содержание работ	Результат
Анализ информации об объекте	Анализ и определение иерархической структуры производства. Определение состава и взаимосвязей технологических модулей и выполняемых операций. Определение состава и объема материальных и трудовых ресурсов, наличия и объема буферных накопителей, материальных запасов, объемов готовой продукции и незавершенного производства.	Основные данные для построения имитационной модели.
Построение имитационной модели	Построение имитационной модели анализируемого производственного комплекса. Ввод исходных данных. Проверка адекватности построенной модели.	Иерархическая модель производственного комплекса: последовательность ТП, технико-экономические данные всех производственных модулей, технологических, контрольных, транспортных операций, объемы буферных накопителей и состояние запасов.
Имитационные эксперименты	Многочисленные прогоны системы в условиях изменения входных данных, вариации структуры объекта и направлений материальных потоков, параметров алгоритмов управления отдельными производственными модулями, стратегией выборочного контроля, маневрирования трудовыми ресурсами	Определение времени выполнения заказов, графиков и коэффициентов загрузки оборудования, изменения объемов запасов в буферных накопителях, объемов незавершенного производства, объемов использования трудовых и материальных ресурсов, технико-экономических показателей каждого из рассмотренных вариантов решений.
Оценка полученных экспериментальных данных и выбор наиболее эффективного решения	Сравнение результатов экспериментов по нескольким показателям эффективности и выбор среди них наилучшего варианта, удовлетворяющего всем требованиям сформулированной задачи.	Обеспечение выполнения всех заказов в установленные договором сроки, повышение коэффициента загрузки оборудования, сокращение запасов материалов и незавершенного производства, эффективное использование материальных и трудовых ресурсов, сокращение брака и затрат на производство.

пертого анализа нескольких алгоритмов проведения контрольных операций по результатам имитационного моделирования выбирается вариант, наиболее приемлемый по совокупности всех технико-экономических показателей. На каждой стадии ТП ведется статистический анализ, и строятся численные зависимости количества обнаруженного брака и не обнаруженных некондиционных изделий от установленных параметров выборочного контроля. На основе построенных статистических зависимостей в алгоритм имитационного моделирования включаются расчеты ожидаемого числа кондиционных и бракованных изделий на выходе каждого производственного и контрольного модуля. Реализация этой важной функции системы существенно повышает эффективность управления качеством выпускаемой продукции.

Проведение экспериментов

Процесс имитационного моделирования осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом:

- определение различных альтернативных вариантов структуры производственного комплекса, состава и технических характеристик используемых технологических модулей, выбор алгоритмов управления оборудованием, правил и приоритетов распределения материальных потоков, выбор параметров выборочного контроля на различных стадиях производства;
- определение состояния запасов материалов, комплектующих и незавершенного производства для структурных подразделений и отдельных производственных модулей как функции от объемов заказов и предлагаемых алгоритмов и правил принятия решений;

– грубая оценка времени изготовления каждой партии изделий и определение «узких мест»;

– формирование различных вариантов использования во времени персональных ресурсов, введение (при необходимости) дополнительных смен и сверхурочных работ;

– проведение комплекса динамических имитационных экспериментов для различных вариантов принимаемых решений, формирование банка данных полученных результатов моделирования;

– представление всех необходимых результатов работы и технико-экономических показателей производства в удобном для пользователя графическом и табличном виде, а также отражение изменения состояния отдельных объектов во времени;

– анализ полученных результатов моделирования и выбор наиболее эффективного решения.

Основные этапы настройки системы имитационного моделирования и проведения экспериментальных расчетов на предприятии представлены в таблице.

Заключение

Система имитационного моделирования, соответствующая всем сформулированным выше требованиям, описана в [4]. Графические интерфейсы выбора объектов и детализации выполнения имитационных экспериментов, формирования структуры моделируемого объекта, необходимого объема входных данных для каждого из производственных и контрольных модулей, ввода календарного времени работы, распределения персональных ресурсов во времени, а также определения перечня контролируемых объектов

и требуемых форм представления результатов выполненных расчетов делают систему удобной в эксплуатации для неквалифицированных в области информатики пользователей.

Система ориентирована на решение задач проектирования и оперативно-календарного планирования для предприятий электронной промышленности и машиностроения и позволяет:

- в процессе планирования и управления производством определять наиболее эффективные партии обработки изделий, стратегии и параметры выборочного контроля на всех стадиях ТП, выбирать алгоритмы управления технологическими модулями, оптимально распределять во времени материальные и трудовые ресурсы;

- на стадии проектирования и ввода в производство новых изделий определить наиболее эффектив-

*Зак Юрий Александрович – д-р техн. наук, независимый эксперт (Аахен, Германия).
E-mail: yuriy_zack@hotmail.com*

ную гибкую производственную структуру предприятия, состав и взаимосвязи технологических модулей, объемы буферных накопителей, требуемый объем трудовых ресурсов.

Список литературы

1. Лоу Аверил М., Кельтон В. Дэвид. Имитационное моделирование. 3-е издание. Питер. 2004.
2. Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. Бестселлер. М. 2003.
3. Кобелев Н.Б. Введение в общую теорию имитационного моделирования. Пособие для разработчиков имитационных моделей и их пользователей. М.: ООО «Принт-Сервис». 2007.
4. Zack Yu., Starke G. Process simulation. Mikrosystemtechnik. Production Techniques for Application specific Microsensors (G.Köler, T.Schroeter, G.Tshulena), Shaker Verlag, 2004.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦВЕТОМ ТОНКИХ ЖЕСТКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т.Б. Чистякова, А.С. Разыграев, А.Н. Полосин, К. Колерт (СПбГИ(ТУ))

Представлен проблемно-ориентированный программный комплекс, реализующий новый метод управления цветом каландрированных тонких жестких полимерных материалов путем изменения расходов жидких красителей. Комплекс включает математическую модель для оценки цвета материалов, библиотеку моделей для расчета производительности смесителей различных типов, базы данных характеристик материалов и агрегатов, базу правил управления цветом, алгоритмы формирования советов оператору по изменению расходов красителей в различных режимах функционирования производства. Предлагаемый метод может быть применен для управления цветом каландрированных материалов других типов (например, линолеума, резины).

Ключевые слова: система управления цветом, математические модели, базы данных и правил, программный комплекс, каландровое производство, тонкие жесткие полимерные материалы.

Введение

Жесткие полимерные материалы толщиной 0,03...1 мм, отличающиеся экологической безопасностью, высокой стойкостью к ударным нагрузкам, тепловым и ультрафиолетовым воздействиям, жаростойкостью, низкой газо- и паропроницаемостью, широко используются в качестве сырья для изготовления тароупаковочных средств методом термоформования. Так, в европейских странах объем производства и потребления тонких жестких материалов на основе поливинилхлорида, полипропилена, полистирола превышает 1,5 млн. т/г, и наблюдается устойчивая тенденция роста (в среднем на 15...20%/г). Основным методом получения тонких жестких полимерных материалов является каландрование, характеризующееся высокой производительностью (до 3000 кг/ч), широким диапазоном толщины продукции, оперативностью перенастройки на новую толщину и ширину. Более 50% жестких пленок применяются для упаковки пищевых продуктов (38%), фармацевтических препаратов и медицинских изделий (15%), поэтому к их качеству (толщине, цвету, состоянию поверхности) предъявляются строгие

требования. Пищевые и фармацевтические пленки имеют широкий ассортимент по цвету в зависимости от требований потребителя (например, для упаковки молочных продуктов используются пленки желтого цвета, кондитерских изделий – пленки розового и оранжевого цветов). Это приводит к частой перенастройке производства, связанной со сменой типа пленки, отличающегося от предыдущего цветом. При традиционно применяемом сухом окрашивании, когда сыпучие красители смешиваются с частицами твердого полимера, перенастройка сопровождается большими материальными потерями, так как очистка смесительного оборудования от красителей занимает до одного часа с получением значительной массы (500 кг и более) пленки, которая утилизируется как безвозвратные отходы.

Для снижения материальных потерь предлагается применять новый способ окрашивания, который заключается в использовании жидких красителей, подаваемых в зону плавления смесителя-пластикатора, питающего каландровую линию пластикатом (гомогенной смесью расплавленного полимера и жидких красителей). Предлагаемый способ эффективнее,