

УДК 378.147

МЕТОДОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИБКИХ ШВЕЙНЫХ ПОТОКОВ МОДУЛЬНОГО ТИПА

Н.С. МОКЕЕВА, Е.В. ПРОФОРУК, В.А. ЗАЕВ, А.А. ЗЫБАРЕВА

**(Новосибирский технологический институт Московского
государственного университета дизайна и технологии,
Новосибирский государственный университет)**

Одним из перспективных направлений реинжиниринга производства является применение идеологии гибких производственных систем и групповых методов организации производства.

Формирование организационно-технологической структуры производственной системы, ориентированной на выпуск изделий из заданных ассортиментных групп и их объемов производства в соот-

ветствие с заданными технологиями, включает решение следующих основных задач:

– определение состава и структуры гибких технологических модулей (ТМ), вариантов их специализации;

– анализ и выбор вариантов маршрутной технологии с учетом выделенных вариантов состава и специализации ТМ;

– анализ и выбор механизмов организации и управления производственным процессом с учетом различных графиков выполнения заказов на заданной номенклатуре (модели и механизмы календарного планирования).

При решении указанных задач для швейных предприятий на рассматриваемых принципах нами предлагается инструментарий, в основе которого лежат методы формализованного представления (спецификации системы) и имитационного (компьютерного) моделирования.

В исследованиях, проводимых в Новосибирском институте легкой промышленности, предлагается методология проектирования гибкого мелкосерийного и единичного швейного производства. Указывается, что под гибким модульным потоком (ГМП) понимается поток, состоящий из модулей различного типа, включенных в единую технологическую цепочку, а каждый модуль представляет совокупность нескольких единиц оборудования, объединенных в одно рабочее место.

Наличие инструментальной среды моделирования производственных систем позволяет организовать проведение экспериментов на модели проектируемой системы с различными входными параметрами, наблюдение за процессом функционирования системы (поведением потока) с последующей оценкой результатов моделирования.

Проведение серии экспериментов позволяет улучшить качество управленческих решений и прогнозировать их последствия. Имитационное моделирование рассматривается как методология и инструмент решения задач анализа и проектирования производственных систем.

В самом общем виде математическую модель сложной динамической системы можно представить в виде

$$E=f(x_i, y_j),$$

где E – результат действия системы; x_i – параметры системы, которыми проектировщик может управлять; y_j – неуправляемые параметры системы; f – функциональная зависимость между x_i и y_j .

Такое представление иллюстрирует зависимость функционирования системы как от контролируемых, так и от неконтролируемых проектировщиком параметров. Целевой функцией (функцией критерия) может быть сохранение ресурсов (временных, энергетических и т.д.), их поддержание (уровня занятости рабочих) или приобретение новых ресурсов (прибыли, заказчиков). Процесс имитации функционирования системы направлен на поиск вариантов, удовлетворяющих заданным критериям.

Спецификация производственной системы и построение на ее основе имитационных моделей ПС на принципах ГМП выполняется в два этапа.

На первом этапе выполняются следующие действия:

– спецификация элементов структуры системы, ее основных подсистем и функций, материальных и информационных потоков;

– построение диаграмм состояний элементов системы и переходов состояний;

– анализ основных причинно-следственных механизмов функционирования потока в реальном времени;

– составление схем разделения труда;

– разработка алгоритмических схем принятия решения.

Цель второго этапа заключается в представлении имеющихся данных в виде специальных формальных объектов, удобных для проведения над ними вычислительных и имитационных экспериментов на ЭВМ с учетом выбранной инструментальной среды. В основе используемой в работе инструментальной среды моделирования

Design/CPN лежит аппарат сетей Петри. Сети Петри являются одним из наиболее эффективных средств формализованного описания дискретных систем, которые сочетают выразительность средств представления состава и структуры системы с четкостью описания динамики системы с учетом асинхронности, параллельности и стохастичности процессов.

На содержательном уровне представление систем сетями Петри основано на взаимодействии событий и условий. Событие – это элементарное действие, происходящее в системе. Условие – логическое

описание состояния системы. Условия делятся на: предусловия события, то есть условия, которые определяют реализацию события, и постусловия события, то есть следствия произошедшего события.

Далее рассматривается пример использования аппарата сетей Петри в качестве средства формализованного описания технологического процесса изготовления швейного изделия.

Пусть имеется множество деталей D , которые необходимо обработать на оборудовании TM (множество единиц технологических модулей):

$$D = \{d(1), d(2), \dots, d(M)\} \text{ и } TM = \{TM(1), TM(2), \dots, TM(N)\}.$$

Введем также множество всех допустимых операций, выполняемых над деталями

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}.$$

Все множество деталей D разобьем на непересекающиеся множества $D(i)$ с учетом последовательности операций, которые необходимо выполнить для деталей этого типа. В свою очередь, все множество единиц оборудования (единиц модулей) TM разобьем на подмножества $TM(j)$ с учетом операций, которые можно выполнять на модулях данного типа.

Построение сети Петри начнем с рассмотрения элементов системы (деталей, оборудования). Для операции обработки детали на единице оборудования выделим допустимые состояния для каждого из элементов системы (рис.1-а). Далее рассмотрим события, приводящие к изменению соответствующих состояний элементов системы. Для детали событиями будут:

Set in – размещение детали на оборудовании модуля;

Process – обработка детали (узла);

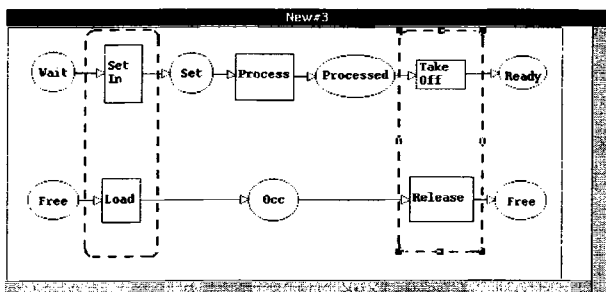
Take off – снятие обработанной детали с оборудования модуля.

Для модуля соответствующие события:

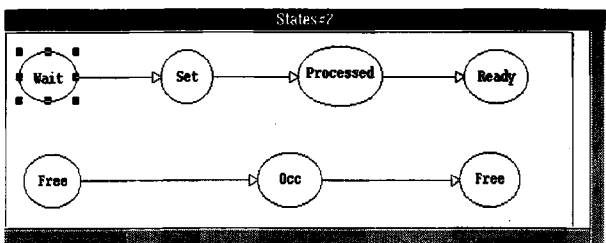
Load – размещение детали (узла) на модуле;

Release – освобождение оборудования модуля от детали (узла).

Далее можно видеть, что события Set in и Load – совпадают, аналогично Take off и Release (рис.1-б). Наступление события Set in (и Load) возможно, если деталь находится в состоянии ожидания данной операции и модуль свободен, что приводит к изменению состояния детали на Set, а модуля – на Occupied (занят), а наступление события Take off (Release) возможно, если деталь находится в состоянии Processed (обработана), а модуль загружен, что изменяет состояние детали на Ready (готова) и модуля – на Free (свободен). Склеивая позиции Free (для модуля), получаем сеть Петри, представленную на рис.2.



а)



б)

Рис.1

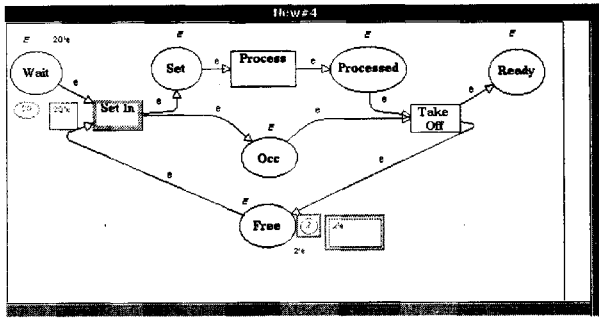
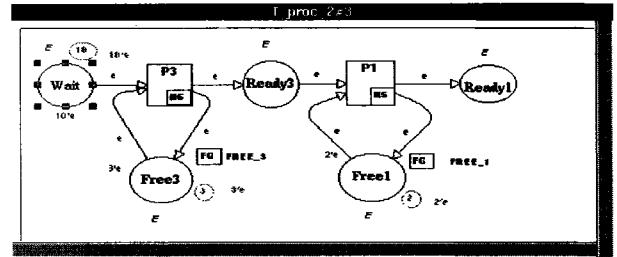


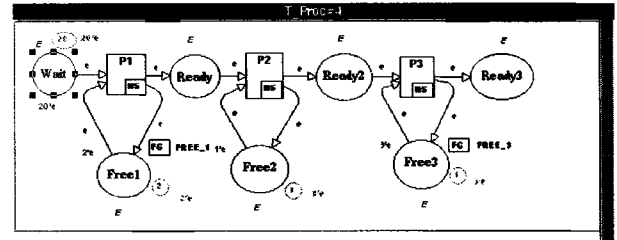
Рис.2

В данной сети Петри используется только один цвет – E, который указан возле каждой позиции. Это означает, что все маркеры в позициях неразличимы между собой (классическая сеть Петри) и принимают единственное значение – e, которое указывается на дугах. Если на модуле обрабатывается партия деталей, то на соответствующих дугах необходимо указать их количество, например, 10'e. Начальная маркировка для позиции Wait – 20'e, то есть ожидают обработки на модуле 20 деталей, для позиции Free – 2'e, то есть имеется 2 свободных модуля. Текущая маркировка указывается в кружке (общее количество маркеров) и расположенном рядом прямоугольнике (конкретные значения маркеров). Наличие маркеров во всех входных позициях перехода делает его доступным для срабатывания, в результате которого маркеры извлекаются в заданном на дугах количестве из входных позиций и помещаются в выходные.

Технологический процесс обработки швейного изделия представлен упорядоченной последовательностью операций. При этом состояние детали Ready для предшествующей операции соответствует состоянию Wait для последующей операции (происходит "склеивание" позиций). Пусть для деталей одного типа задана последовательность операций {P1, P2, P3}, а для другого типа – {P3, P1}. При этом операция P1 для обоих типов выполняется на одном и том же множестве оборудования (модулей) и аналогично – операция P3. Это означает, что имеются разделяемые ресурсы.



а)



б)

Рис.3

Сети Петри, описывающие данную ситуацию, изображены на рис.3. Все переходы на ней помечены как составные, то есть каждый из них может быть, в свою очередь, развернут в сеть Петри, аналогичную показанной на рис.2, с различными входными данными. Использование маркеров различного типа, введение временных задержек для переходов позволяют достичь большей адекватности и гибкости при моделировании сетями Петри.

Разработанные в среде Design/CPN модели сетей Петри позволяют провести эксперименты для проектируемого гибкого модульного потока. Анализ полученных данных (длительность производственного цикла, загрузка технологического оборудования, интенсивность материальных потоков и т.д.) позволяет выбрать наилучшую структуру гибкого модульного потока.

Рекомендована кафедрой технологии и дизайна швейных изделий НТИМГУДТ. Поступила 10.01.02.