

## 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)

В [1] рассмотрен пример построения сети Петри для элементарных операций, составляющих технологический процесс изготовления швейных изделий [2...6].

В НИИ МГУДТ осуществлена серия имитационных экспериментов с целью определения влияния размера транспортной партии на длительность производственного цикла и объем незавершенного производства.

В качестве фиксированных принимали следующие параметры: организационно-технологическая схема (ОТС) потока; характеристика средств производства (тип модуля).

В качестве переменных рассматривались параметры: объема партии запуска; продолжительности смены; размера транспортной партии; производительности модуля (оператора).

Построение, моделирование и формальный анализ сетей Петри осуществлялись на основе инструментальной среды Design/CPN [3].

Рассмотрим CPN (Colored Petri Net)-модель для ОТС гибкого модульного потока по изготовлению женского платья из шелковой ткани.

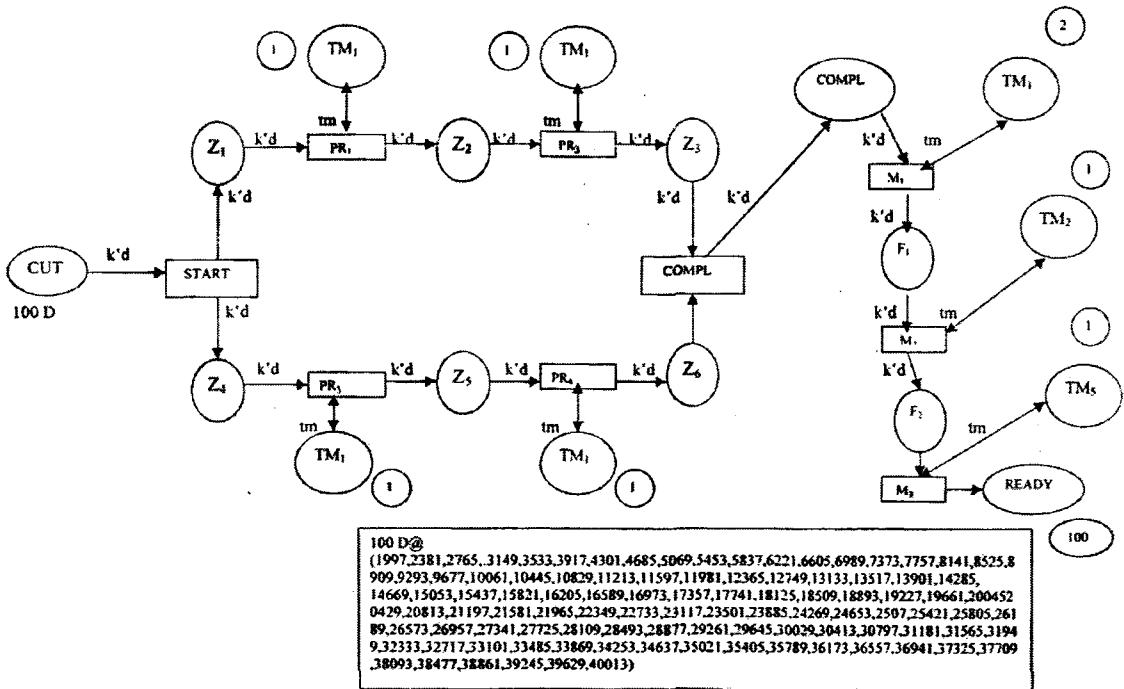


Рис. 1

\* Окончание. Начало см. в № 2 за 2002 г.

Процесс моделирования технологического процесса начинается с расстановки начальной маркировки в позиции запуска деталей кроя – CUT (рис.1). Начальная маркировка определяет величину партии запуска, которая, как видно из рис.1, составляет 100 ед. Это, в свою очередь, свидетельствует о возможности запуска перехода START (переход разрешен, так как входная позиция CUT имеет число маркеров во много раз больше, чем число дуг из позиции CUT в переход START).

Согласно правилу срабатывания перехода из позиции START извлекается  $k$  маркеров (партия изделий в 100 ед.) и в каждую из выходных позиций помещается по  $k$  маркеров. При этом проектировщик имеет возможность задания параметра  $k$  – размера транспортной партии. В целях эксперимента она принималась равной 1 ед., 5 ед., 10 ед.

Выходные позиции  $Z_i$  соответствуют состоянию деталей изделия, ожидающих начала организационной операции (о.о.). Так, в соответствии с разделением труда, выходной позиции  $Z_1$  соответствует состояние деталей изделия, ожидающих начала первой о.о.;  $Z_4$  – состояние деталей, ожидающих начала третьей о.о., которая может быть выполнена параллельно с первой и второй о.о. Извлекая маркеры из позиций  $Z_1$  и  $Z_4$ , помещаем их соответственно в переходы  $PR_1$  и  $PR_3$ , которые определяют выполнение первой и третьей о.о.

Каждый из переходов (рис.1) связан с технологическим модулем (ТМ), причем позиции  $TM_j$  соответствует состояние свободного модуля  $j$ -го типа, задействованного в выполнении  $i$ -й о.о. Основным условием возбуждения каждого из переходов будет наличие во входных позициях  $k$  деталей, ожидающих обработки и свободного соответствующего типа ТМ.

Дополнительное условие срабатывания переходов задается при помощи функции защиты, которая определяет соответствие требуемого для выполнения операции типа модуля модели изделия, ожидающей обработку на данном ТМ. Поскольку принцип

срабатывания переходов один и тот же, все последующие действия для запуска переходов  $PR_2$ ,  $PR_4$  будут аналогичны перечисленным выше.

Представим краткое описание позиций и переходов, выполняемых до перехода к операции комплектования полуфабрикатов в изделие – COMPL:

$Z_2$  – состояние деталей изделия, ожидающих начала второй о.о.;

$Z_3$  – состояние деталей изделия, прошедших стадию заготовки по первой и второй о.о. и ожидающих окончания стадии заготовки деталей;

$Z_5$  – состояние деталей изделия, прошедших третью о.о. и ожидающих начала выполнения четвертой о.о.;

$Z_6$  – состояние деталей изделия, прошедших стадию заготовки по третьей и четвертой о.о. и ожидающих окончания стадии заготовки деталей соответствующего изделия по первой и второй о.о.;

$PR_2$  и  $PR_4$  – выполнение второй и четвертой о.о. соответственно.

Согласно технологическому процессу изготовления швейных изделий после выполнения заготовительных операций готовые полуфабрикаты (узлы) и детали поступают на стол комплектования, на котором одновременно осуществляется контроль качества этапа заготовки. Условием возбуждения перехода COMPL является наличие в каждой из позиций  $Z_3$  и  $Z_6$   $k$  маркеров (детали одного изделия, параллельно прошедшие стадию заготовки). Последующие переходы  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$  определяют выполнение пятой, шестой и седьмой о.о., соответственно.

Позиция READY при помещении в нее маркеров из перехода  $M_2$  определяет количество готовых изделий. Как видно из обозначений на рис.1, оно составляет 100 ед. В прямоугольнике в нижней части рис.1 приведены сведения о длительности производственного цикла. Так, первое изделие будет изготовлено через 1997 с, второе – через 2381 с с момента начала моделирования и т.д. (с учетом временных затрат на все вспомогательные операции).

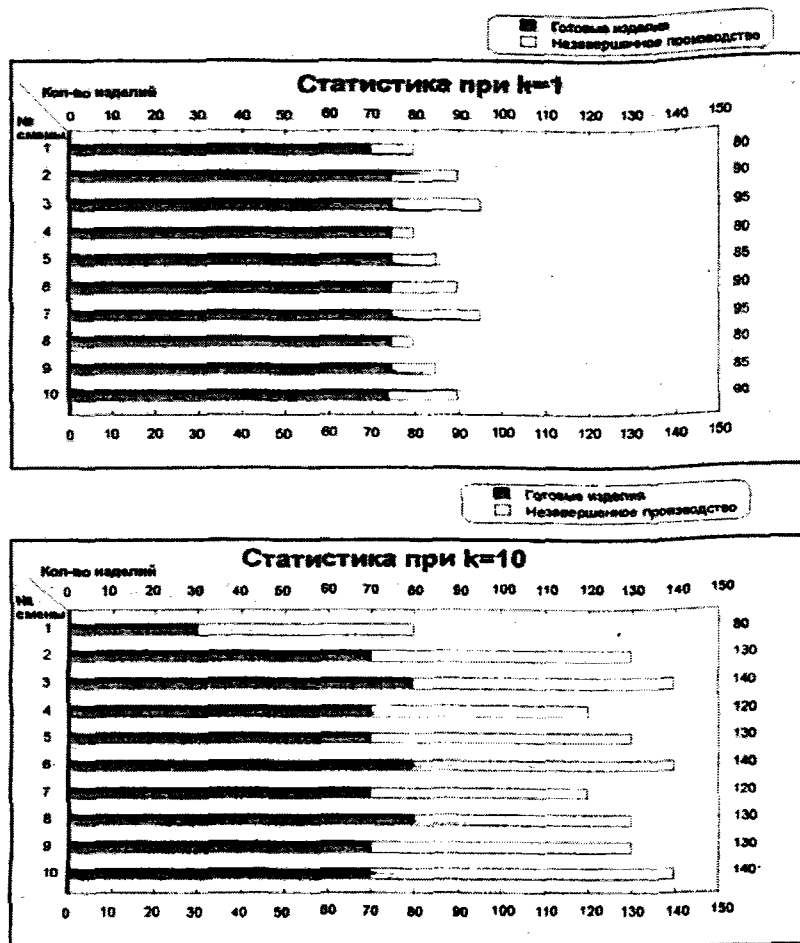


Рис. 2

Сведения о динамике выпуска готовых изделий и об объемах незавершенного производства можно представить в виде гистограмм (рис.2), где по оси ординат отображены номера смен, в течение которых изделие будет изготавливаться, а по оси абсцисс – выпуск продукции в единицах. Закрашенной части столбца на гистограмме соответствует объем произведенной продукции на конец смены, незакрашенной части – объем незавершенного производства.

Как видно из рис.2, в результате проведения имитационных экспериментов для серии швейных изделий, подлежащих изготовлению в ГМП, установлено очевидное сокращение длительности производственного цикла (а следовательно, и срока исполнения заказа) и объема незавершенного производства с уменьшением числа деталей в транспортной партии. В среднем объем незавершенного производства уве-

личивается (по сравнению с поштучным запуском) в три раза при величине транспортной партии  $k=5$  ед. и в семь раз при  $k=10$  ед. При этом для объемов партии запуска в пределах 100...150 ед. (что отвечает потребностям мелкосерийного производства) длительность производственного цикла возрастает в 2...3 раза при  $k=5$  ед. и  $k=10$  ед.

В заключении необходимо отметить, что имитационные модели являются многоплановыми и могут быть использованы как на стадии планирования производства, так и в реальном времени процесса производства.

## ВЫВОДЫ

1. Построены имитационные модели технологического процесса изготовления швейных изделий в ГМП.

2. Выполнены имитационные эксперименты с моделью и получены данные, позволяющие судить о преимуществе поточного запуска деталей в поток.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мокеева Н.С., Профрук Е.В., Заев В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.120...123.

2. Сучилин В.А. Основы структурно-конструктивной адаптации швейного оборудования к условиям функционирования: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 2000.

3. Зыбарева А.А. Инструментальная среда моделирования сложных систем Design/CPN. Мат. Междунар. научн.-практ. конф.: "Новые информационные технологии в университетском образовании". – ИДМИ, 2000. С.162...163.

4. Заев В.А., Мокеева Н.С., Степанов В.Т. // Швейная промышленность. – 2000, №4. С.37...38.

5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М., 1978.

6. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.

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