

УДК 581.2

П.В. ЖЕЛТОВ, Е.А. КУРЯБИНА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ  
СЕТЯМИ ПЕТРИ**

**Ключевые слова:** математические модели, алгоритмы, интегрированная система управления производством, многоуровневые производственные процессы.

Приведено разработанное авторами многоуровневое моделирование производственной системы мелкосерийного производства. Научная новизна данного исследования заключается в разработке концептуальных многоуровневых моделей производственных процессов, что позволяет использовать их для наращивания системы в любом направлении.

P.V. ZHELTOV, E.A. KURYABINA

**MODELLING OF BUSINESS SYSTEMS USING PETRI NETS**

**Key words:** mathematical models, algorithms, integrated system of manufacturing management, business-process, multilevel manufacturing processes.

In the paper are presented mathematical models and algorithms of functioning of main modules and procedures of an integrated system of manufacturing management, elaborated by authors. The scientific novelty of this research is in development of mathematical models of modules of multilevel manufacturing processes and algorithms, what allows to use them for software realization of system consisting of any modules.

Отсутствие схем информационных связей производственных подсистем, модулей, процедур и информационных потоков на предприятии крайне усложняет работу. Подробное описание производственных процессов в виде математической модели мелкосерийного производства необходимо для установления порядка действий и принятия адекватных управленческих решений персоналом предприятия [1].

**Сетевая модель производственной системы.** Детализированная сетевая модель производственной системы создана на базе сетевых моделей, разработанных для основных модулей мелкосерийного производства. Проведен анализ информационного содержания и логического назначения каждой дуги, описаны ее путь и назначение как носителя конкретной информации из одного модуля в другой для совершения определенного действия в производственном процессе. Сетевая модель содержит модели и процедуры производственных процессов, увязанные с помощью информационных дуг в единую картину, отображающую реальные процессы в виде динамической сетевой модели. Таким образом, построена целостная сетевая модель производственной системы.

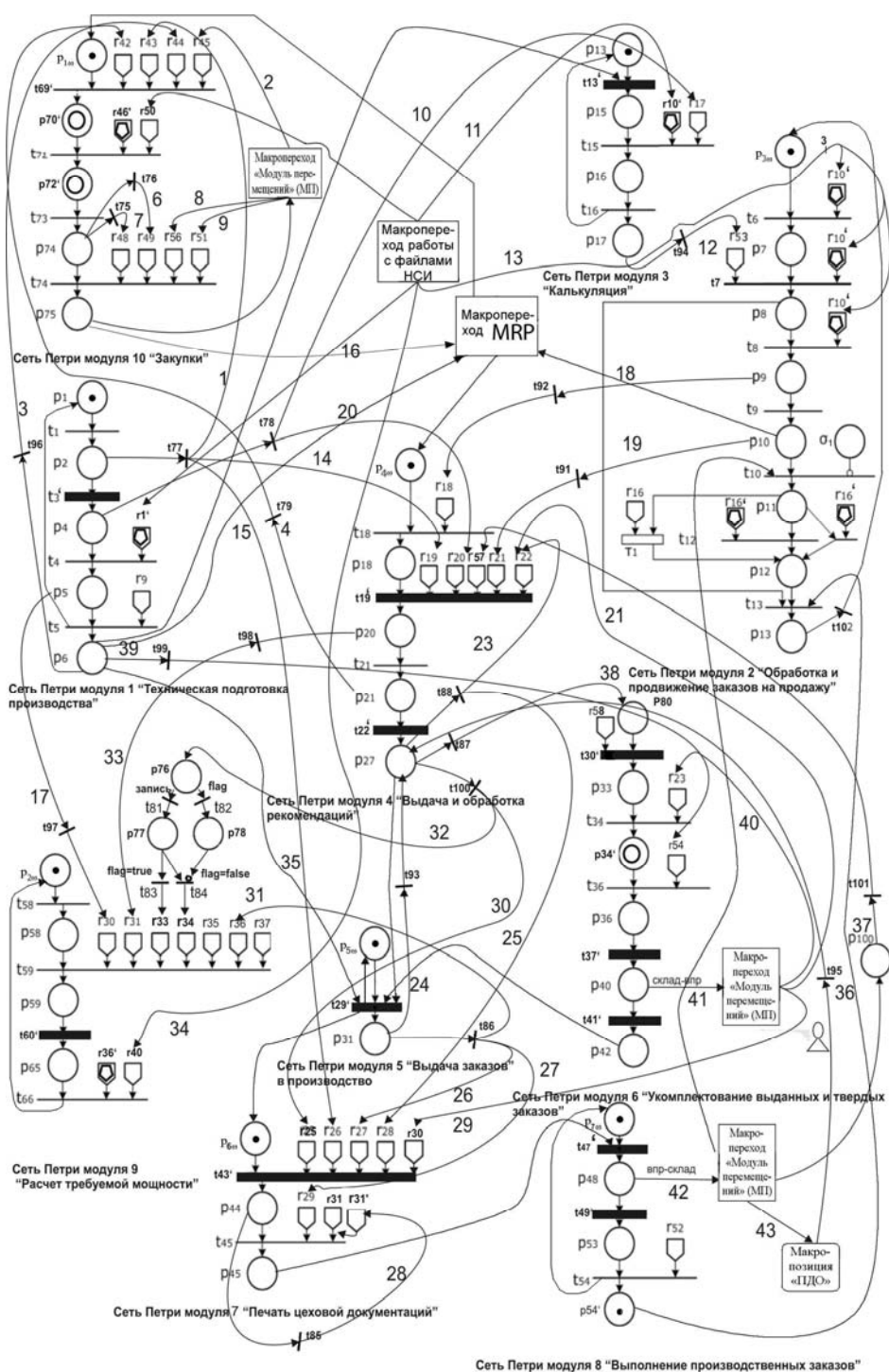
Рассмотрим информационное содержание и логическое назначение каждой дуги (рисунок), которое в общем виде можно представить как:

дуга №  $X$   $p_i - t_j - r_m$ : далее следует описание информационного назначения связи, например:

дуга № 1  $p_2 - t_{77} - r_{43}$ : из главного предметного файла берется необходимая нормативно-справочная информация для генерации маркера  $r_{43}$  модуля 10 – для формирования отчета по дефициту отдела закупок;

дуга № 2  $M_p - r_{45}$ : наличие записей для перемещаемого номенклатурного номера в файле остатков для генерации маркера  $r_{45}$  с целью корректировки остатков;

дуга № 3  $p_6 - t_{96} - r_{44}$ : из файла альтернатив выбирается запись по основному коду материала для расчета дефицита с учетом альтернативных остатков – генерируется маркер  $r_{44}$ ;



Информационные потоки в сетевой модели производственных процессов

дуга № 4  $p_{21} - t_{79} - r_{42}$ : из файла сводных потребностей выбирается запись для генерации маркера  $r_{42}$  с целью формирования дефицита по закупкам;

дуга № 6  $p_4 - t_{76} - r_{49}$ : из файла перемещений товарно-материальных ценностей формируется распечатка извещения о получении товара для генерации маркера  $r_{49}$ ;

дуга № 7  $p_4 - t_{78} - r_{20}$ : в файле перемещений товарно-материальных ценностей формируется запись о перемещении типа «закуп-прием» для генерации маркера  $r_{48}$  с целью выполнения корректировки остатков в файле остатков, и т.д.

В процессе проектирования и последующего анализа очередной итерации сетевой модели стало ясно, что наличие дуг № 38, 24, 41, 39, 40, 29 (перевод заказа *MRP* из состояния твердого в выданный в производство, бронирование остатков под каждую запись выданного заказа, фактическое перемещение товарно-материальных ценностей («родных» и альтернативных) под заказы в производство, печать фактически выданных компонентов под заказ в маршрутной карте) требует построения некоего отчета, позволяющего физически организовать выполнение последовательности перечисленных действий и смоделированных информационных связей. Так возникла идея проектирования модуля укомплектования производственных заказов, реализация которой привела к изменению требований к проценту укомплектованности заказа, передаваемого в производство (не менее 100 %, в исключительных случаях допускается наличие 1-3 дефицитных позиций при условии их использования на уровнях, близких к нулевому). Внедрение разработанного модуля на производстве привело к значительному уменьшению уровня незавершенного производства и сокращения срока выполнения производственных заказов.

Таким образом, логическим завершением проведенного моделирования является сетевая модель производственных процессов мелкосерийного производства, которая представляет собой совокупность преобразований типа «вход – выход», которые реализуются с помощью разработанных блок-схем и описаний алгоритмов решения задачи основных подразделений предприятия. Процедуры преобразования соединены дугами входов и выходов, тем самым формируется информационное пространство, в котором информационные потоки логически связывают сетевые модели модулей и являются ресурсами моделируемых производственных процессов. Главная роль в сетевой модели отводится стандартному модулю *MRP*, так как при этом достигается наибольший положительный эффект, в связи с его способностью справляться с широким потоком производственной информации, что позволяет осуществлять управление по отклонениям, уменьшая зону рутинных организационных операций. Практически все модули разрабатываемой сетевой модели связаны с модулем *MRP* или с результатами его расчетов. Этот модуль рассчитывает зависимые потребности на план производства, выдаваемые системой в виде рекомендаций. Эти рекомендации могут быть подтверждены специалистами, проигнорированы или удалены.

#### Литература

1. Юдицкий С.А. Сценарный подход к моделированию поведения бизнес-систем / С.А. Юдицкий. Сер. «Управления организационными системами». М.: СИНТЕГ, 2001. 112 с.

---

**ЖЕЛТОВ ПАВЕЛ ВАЛЕРИАНОВИЧ** – кандидат технических наук, доцент кафедры компьютерных технологий, Чувашский государственный университет, Россия, Чебоксары (tchouvachie@narod.ru).

**ZHELTOV PAVEL VALERIANOVICH** – candidate of technical sciences, assistant professor of Computer Technologies Chair, Chuvash State University, Russia, Cheboksary.

**КУРЯБИНА ЕВГЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВНА** – старший преподаватель кафедры компьютерных технологий, Чувашский государственный университет, Россия, Чебоксары (chnk23@mail.ru).

**KURYABINA EVGENIA ALEXANDROVNA** – senior lecturer of Computer Technologies Chair, Chuvash State University, Russia, Cheboksary.

---

УДК 621.396

П.В. ЖЕЛТОВ, В.И. СЕМЕНОВ

### ПРИМЕНЕНИЕ БЫСТРОГО НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

**Ключевые слова:** непрерывное вейвлет-преобразование, реконструирование звукового сигнала, корреляция.

Предложен алгоритм вычисления обратного непрерывного вейвлет-преобразования, который позволяет реконструировать звуковой сигнал с высокой скоростью и точностью. Приведены результаты его тестирования с использованием коэффициента корреляции, вычисляемого по формуле Пирсона.

P.V. ZHELTOV, V.I. SEMENOV

#### APPLICATION OF QUICK CONTINUOUS WAVELET-TRANSFORMATION FOR INVESTIGATION OF ACOUSTIC SIGNALS

**Key words:** Continuous wavelet transformation, reconstruction of sound signal, correlation.

In the paper is presented the algorithm of calculation of backward continuous wavelet transformation. It allows to reconstruct the sound signal with a high accuracy and a big rate. Are given its test results using correlation coefficient, calculated according to the Pierson.

Непрерывное вейвлет-преобразование имеет ряд положительных свойств (симметричность, гладкость базисной функции, возможность аналитического описания), которые необходимы для анализа и синтеза речевого сигнала.

В зарубежной и отечественной литературе [1, 3] применение непрерывных вейвлетов для анализа сигналов считается более предпочтительным, чем дискретное вейвлет-преобразование.

Относительно синтеза или реконструкции сигналов с применением непрерывных вейвлетов распространено строго противоположное мнение и считается, что возможность реконструкции сигналов не гарантируется, так как с необходимостью иметь обратное вейвлет-преобразование (или реконструкционную формулу) связано большинство ограничений, накладываемых на вейвлет.

В данной работе разработан алгоритм вычисления обратного непрерывного вейвлет-преобразования, который позволяет с высокой скоростью и точностью реконструировать сигнал. Результаты синтеза акустического сигнала позволяют утверждать, что применение непрерывного вейвлет-преобразования ни чем не хуже дискретного вейвлет-преобразования. Применение непрерывного обратного вейвлет-преобразования в частотной области предпочтительнее для большой выборки акустического сигнала, когда скорость вычисления намного больше, чем при вычислении вейвлет-преобразования прямым численным интегрированием. Так же при увеличении выборки сигнала возрастает точность реконструкции сигнала. Для количественного сравнения использовалась мера типа корреляции между рекон-