



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. УлГУ. Электрон. журн. 2020, № 2, с. 13-19.

Поступила: 01.12.2020

Окончательный вариант: 09.12.2020

© УлГУ

УДК 658.5

Модель производственного процесса на базе сетей Петри

Карнаев С.А., Ларин С.Н.* , Смагин А.А.

* larinmars@rambler.ru

УлГУ, Ульяновск, Россия

В статье рассматривается организация средств проектирования технологических процессов на основе предложенной модели и, отличающаяся тем, что можно в автоматизированном режиме проводить моделирование оценок получаемых решений по снижению производственных затрат, заполнять технологические карты оптимизированными данными по выбранным показателям качества, что в итоге приводит к повышению эффективности предприятия на этапе технологической подготовки производства.

Ключевые слова: сети Петри, проектное решение, инструментальное средство поддержки, математическая модель, маршрутная карта, производственный процесс.

Введение

В настоящее время формальное описание (модель) структуры производственных процессов используется для их автоматизации. Одной из значимых проблем, обуславливающих актуальность, является создание адекватных методов информационного моделирования хода исполнения бизнес-процессов, которое строится на основании причинно-следственных отношений и отслеживании происходящих в них событий. Наиболее приемлемым средством моделирования в данном случае является сеть Петри.

Комбинированная модель производственного процесса

Известно, что в сетях Петри условия и события представляются абстрактно двумя непересекающимися множествами – переходов T и позиций P , которые связаны между собой входными и выходными функциями. Маркировкой соответствующих позиций P отмечается выполнение условий, а порядок срабатывания переходов т.е. последовательность

выполнения процедур определено метками в этих позициях. При выполнении технологических операций, например, в гальваническом производстве к таким процедурам можно отнести сигнал окончания предыдущего процесса, сигнал о неудовлетворительном состоянии раствора ванны, сигнал о наличии/отсутствии оснастки и т.д. По итогам действий, выполненным на основании описаний переходов ТП, должен выполняться алгоритм, после которого формируется маркировка позиции Р сети Петри, т.е. возникает новое состояние процесса. Для выполнения каждой из процедуры требуется ограниченное время, которое определено в маршрутной карте. Описание такого технологического процесса целесообразно использовать, применив временную сеть Петри.

Во временной сети Петри к каждому переходу Р устанавливается интервал времени, который задает длительность выполнения операции. При использовании временных сетей Петри можно определить не только среднее время, которое необходимо для выполнения определенных производственных операций, но и общее выполнение производственного процесса. Кроме времени выполнения производственных операции, в сети Петри можно также отразить такие характеристики как средство производства R_{yn} , исполнителя производственной операции I_n , трудоемкость изготовления ТО, полное наименование и обозначение изделия.

Объединив временную модель сети Петри и инструменты программной реализации маршрутной карты, получим комбинированную модель (рис.1).

Комбинированная модель производственного процесса состоит из трех модулей:

- модуль переходов;
- модуль маршрутной карты;
- модуль источников данных для маршрутных карт.

Основной модуль комбинированной модели представляет собой программную реализацию маршрутной карты, содержание которой управляет всеми этапами производственного процесса. Переходы внутри производственного процесса обеспечиваются с помощью модуля перехода производственного процесса и источниками данных модуля маршрутной карты, которыми являются: электронные справочники, спецификации, руководящие материалы, база прецедентов.

Модуль маршрутной карты представляет собой структурированную базу данных, из которой выбираются необходимые данные для проведения производственного процесса на всех этапах. Сами этапы связаны переходами между состояниями, которые отображают этапы, и которые управляются данными из маршрутной карты путем выборки по определенному правилу.

В модуле переходов каждый этап представляет собой состояние в виде маркированных вершин, в которые входят ряд параметров, таких как $I_n, R_{yn}, t_{ТПn}, N_{ij}$.

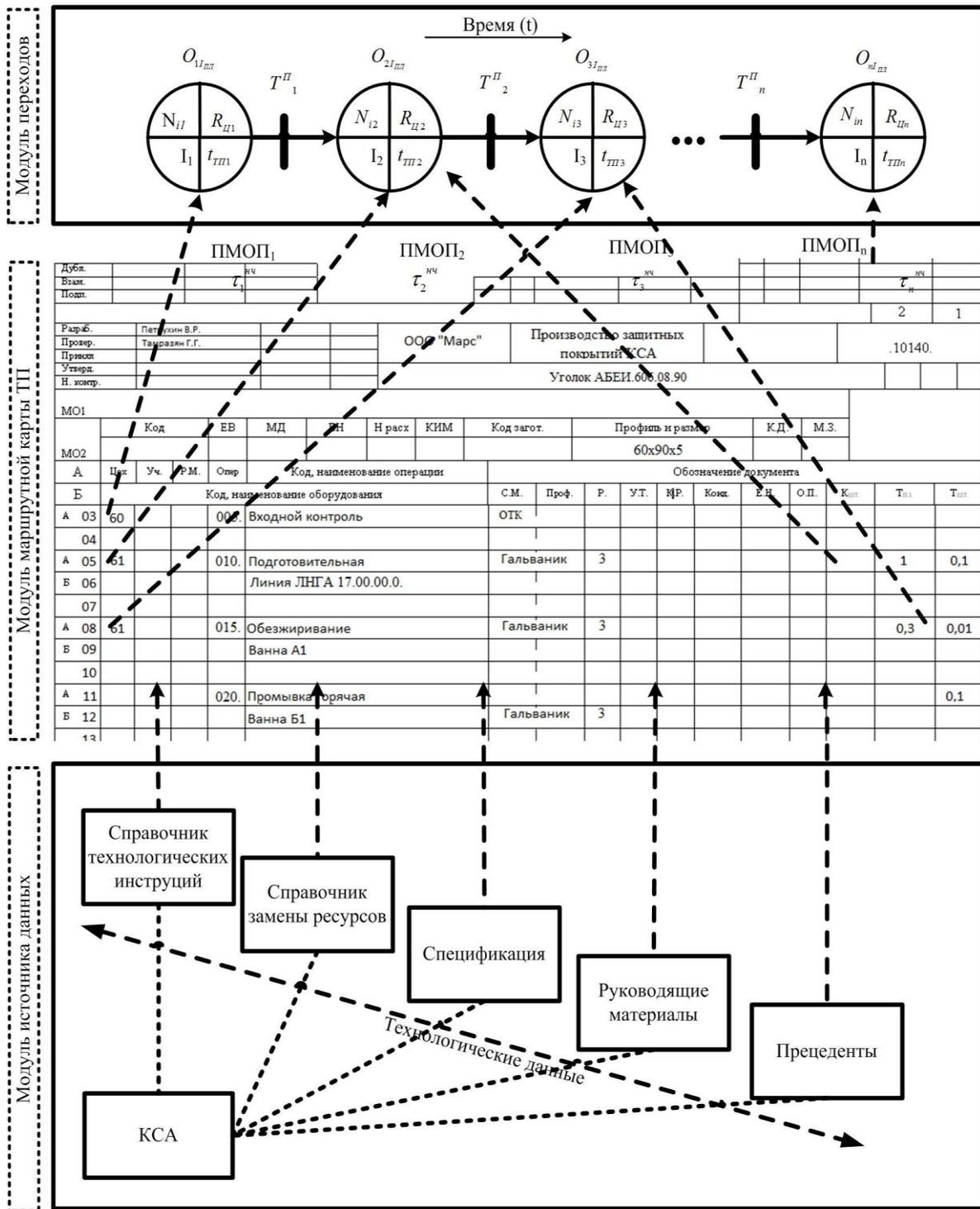


Рис. 1. Комбинированная модель производственного процесса

Комбинированная модель маршрутной карты сети Петри представляет собой программное средство, которое хранит все операции производства и в составные части отдельных операций, результат выполнения которых заносится как комплекс производственных данных $I_n, R_{in}, t_{III_n}, N_{ij}$ и представляет собой отражения состояний производственных процессов в выделенный момент времени. Полученная информация обеспечивает

выполнение технологической операции в следующий интервал времени. Сеть Петри, отражает состояния производственного процесса в соответствии с данными маршрутной карты, которая управляет всеми переходами по сети Петри. Таким образом, этот процесс носит строго детерминированный характер. После завершения производственной операции содержание вершины сети Петри записывается в базе данных и выбирается новая маршрутная карта, соответствующая новому производственному процессу. Модуль маршрутной карты «выдает» для вершины O_{inl} информацию о $I_n, R_{un}, t_{Пин}, N_{ij}$. На рис. 1 ниже модуля маршрутной карты представлен модуль источника данных, в состав которого входят следующие программные модули: «электронный справочник технологических инструкций», «замены материалов», «Спецификация», «Руководящие материалы», «прецеденты» объединенные в комплекс средств автоматизации (КСА).

Программный модуль «Прецеденты» предназначен для создания, обработки и анализа возникающих прецедентов при проектировании переходов из одного состояния изделия в другое и должен хранить их в базе прецедентов, отражая накопленный, производственный опыт.

Справочник «Технологических инструкций» предназначен для хранения и содержания перечня рабочих технологических инструкций, который используется для целей проектирования технологических и производственных процессов. Справочник хранит данные о технологическом оборудовании – средства производства) которые объединены в группы взаимозаменяемости рабочих центров. В рамках одной рабочей группы указывается приоритет использования РЦ, который определяет мастер участка цеха исходя из загруженности средств производства РЦ. Информация будет использоваться при анализе доступности РЦ в сменном планировании. При поиске незадействованного РЦ - анализируются РЦ с наивысшим приоритетом. Если анализируемый РЦ на планируемое для выполнения технологической операции время занят, то следующим будет рассматриваться РЦ из той же группы, но с меньшим приоритетом.

В комплексе средств автоматизации необходима информация для автоматической корректировки значений оборудования, которая будет отображать состояния средств производства (и рабочих центров), указанных в маршрутных картах.

Справочники содержат всю необходимую информацию, которая требуется для выполнения заданного техпроцесса и используется при проектировании маршрутной карты.

«Руководящие материалы» представлены в виде базы знаний, в которую заносится опыт технолога по каждому из виду изделий.

Справочник «Замены ресурсов» содержит перечень материальных ресурсов и их аналоги, а также значения и пропорции совместимостей материалов друг к другу. К материальным ресурсам относятся основные и вспомогательные материалы, сырье, покупные полуфабрикаты, КИ, химикаты, а также оборудование, и рабочие центры. Все перечисленные ресурсы представляют собой организованные в виде структуры массив данных, который используется маршрутной картой.

Таким образом «Модуль маршрутной карты» является программным модулем определяющий весь текущий техпроцесс.

Карта технологического процесса задает только последовательность движения производственного изделия по маршрутной карте и управляет сетью Петри на каждом шаге. Каждый сделанный шаг должен фиксироваться в базе прецедентов.

Обращение к базе прецедентов осуществляется при срабатывании перехода соответствующего перехода T_i . Модель модуля переходов представлена на рис. 2.

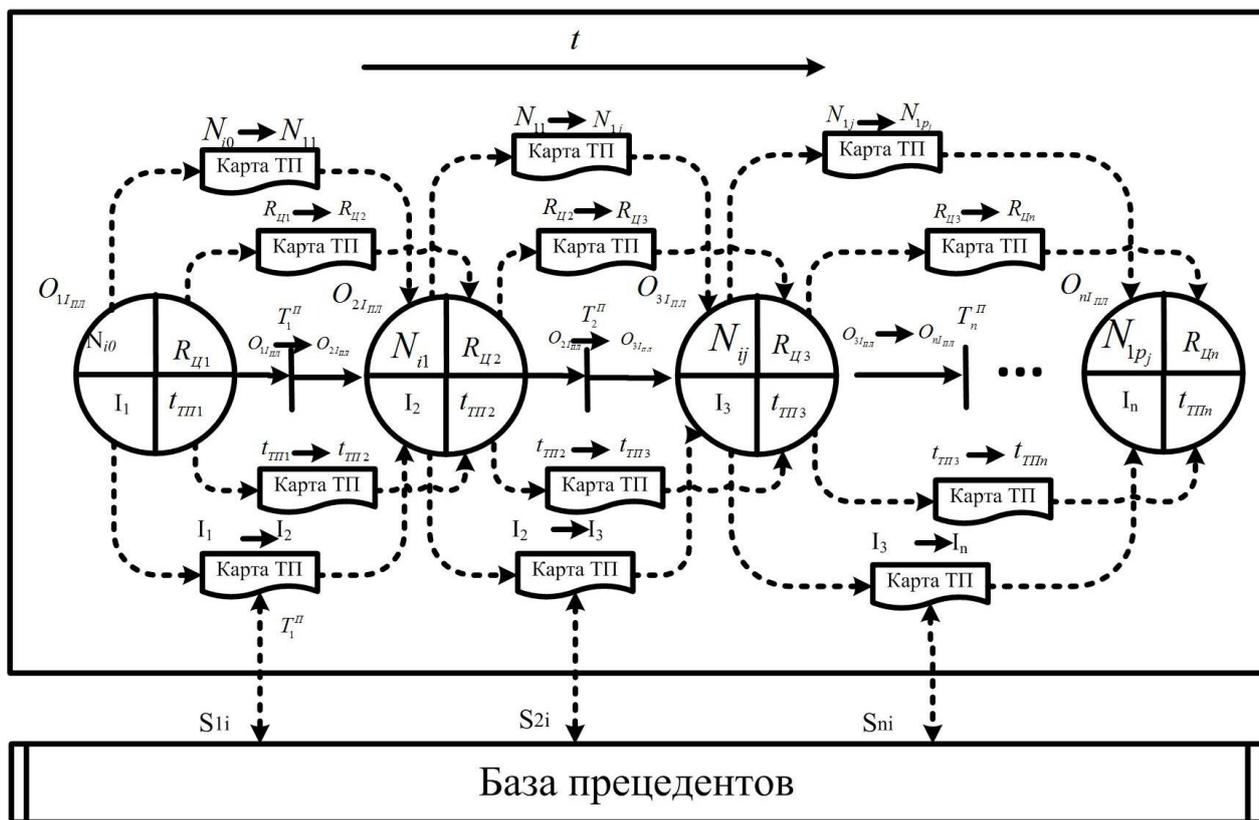


Рис. 2. Модель модуля переходов производственного процесса

Наличие маршрутных карт обеспечивает производственный процесс. Для анализа качества, выполняемого производственного процесса имеется возможность записать его состояние параметров (вершины сети Петри), сами переходы, изменения этих параметров и оценить конечный продукт по результатам выполнения производственных операций. Для этой цели разработана база прецедентов, которая пополняется, и при необходимости анализируются ключевые показатели, на основе которых можно получить следующую информацию:

- перечень используемых ресурсов;
- осуществить анализ затраченного времени на выполнение производственных операций;
- осуществить анализ загруженности исполнителя;
- сформировать объемно-номенклатурный план участка;

- подсчитать затраты за заданный период. рисунке 2 представлена модель модуля переходов в виде состояний O_{inl} и переходов T_i . Изменение состояния представлено стрелкой, например, изменение оборудования $R_{y1} \rightarrow R_{y2}$ или изменение исполнителя $R_{y1} \rightarrow R_{y2}$ в процессе изготовления. В каждом состоянии сети Петри фиксируется время начала выполнения производственной операции - $O_{nI_{na}}$, исполнитель производственной операции (рабочий) - I_{na} , средство производства (или рабочий центр) - R_y , трудоемкость выполнения производственной операции - $t_{тп}$, номенклатура изготовления в виде обозначения - N_{ij} .

Первое состояние изделия $O_{1I_{na}}$ представлено в виде вершины внутри, которой помещены четыре параметра $I_n, R_{yn}, t_{тпn}, N_{ij}$. Эти параметры при переходе во второе состояние $O_{2I_{na}}$ будут изменены. Изменения значений параметров $O_{nI_{na}} \rightarrow O_{2I_{na}}$ происходят при срабатывании перехода T_1^{II} . Когда срабатывает переход T_1^{II} , он обращается к базе прецедентов через «карту ТП» к функции перехода S_i . «Карта ТП» позволяет переходу осуществить поиск в базе прецедентов. Полученные значения из базы прецедентов попадают на следующее состояние $O_{2I_{na}}$. После выполнения второй производственной операции осуществляется переход во второе состояние сети Петри $O_{2I_{na}}$ и так далее до полного исполнения производственного процесса. Любой переход ($N_{i0} \rightarrow N_{i1}$) осуществляется с помощью основных и вспомогательных средств, имеющих свои дискретные состояния и представленные одной или несколькими функциональными подсетями Петри $S_{i,j+1}$. Условием завершения предыдущего этапа является наличие ресурсов для выполнения следующего перехода $S_{j,j+1}$.

Заключение

Предложенные модели и процедуры позволяют решать задачи повышения качества в рамках совершенствования производственного процесса на основе его автоматизации и интеллектуализации путем непрерывного контроля его состояний с использованием моделей на базе сети Петри так и на предварительном этапе для моделирования оценки качества продукта, который планируется выпускать в будущем.

Список литературы

1. Остервальдер А., Пинье И. *Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора*. М.: Альпина Паблишер, 2012.
2. Johnson Marc W. *Seizing the White Space: Business Model Innovation for Growth and Renewal*. Harvard Business Press, 2010.

3. Diestel R. *Graph Theory. Graduate Texts in Mathematics*. 3rd ed. Springer-Verlag, 2005.
4. Петров. В.А., Масленников А.Н. *Программно-целевая организация производства и оперативного управления в условиях групповой технологии и гибких автоматизированных производств*. М.: Лениздат, 2013.
5. Виноградов С.С. *Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование* / под ред. проф. В.Н. Кудрявцева. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Глобус, 2005.