

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НАУКОЕМКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕЙ ПЕТРИ

А.А. Попиков

В статье предложен подход к оценке уровня наукоемкости производства на основе определения интегральных показателей, учитывающих влияние множества факторов

Ключевые слова: наукоемкое предприятие, производственный процесс, моделирование

Организация производственных процессов наукоемких предприятий требует простой, но в тоже время функциональной, четко формализованной метод исследования и моделирования. Необходимо определить достигает ли предлагаемая организация (создание или совершенствование) поставленных целей. Эта проблема особенно актуальна в настоящее время, когда заложена ориентация на инновационное развитие промышленности России [1]. Рассмотрим структуру производственного процесса наукоемкого предприятия и на основе этого определим оптимальный метод для исследования и моделирования организации.

Производственный процесс изготовления наукоемкого изделия претерпевает более одного передела и носит дискретный характер. Учитывая временной аспект процесса изготовления продукции, следует рассматривать процесс в качестве динамического объекта. Иерархичность структуры наукоемкого изделия, многокомпонентность и сложность наукоемкого производства определяют иерархическую характеристику производственного процесса [2]. Также стоит учитывать стохастический характер процессов, принимая во внимание вероятность задержки деталей, узлов агрегатов в процессе производства, возможность поломки оборудования, смены применяемой технологии и других факторов [3]. Можно выделить несколько основных элементов производственного процесса:

1) технологические операции, в результате которых происходит физико-химическое изменение материала;

2) контрольные операции, в результате которых производится сравнение объекта трудовой деятельности с неким стандартом;

3) транспортные операции – изменение положения предмета труда в пространстве;

4) задержка – определенный период времени, в течение которого не выполняется ни одна из вышеперечисленных операций.

Задержки можно условно разделить на задержки процесса (время необходимое для выполнения операций над предыдущей партией), задержки партии (время ожидания, когда производятся операции над другими деталями партии).

Определенные операции могут производиться как последовательно, так и параллельно. Таким образом, производственные процессы наукоемкого предприятия относятся к классу динамических дискретных систем с вероятностным последовательно-параллельным выполнением иерархичной структуры операций.

Для столь сложных динамических систем, к которым, безусловно, относятся производственные процессы наукоемких предприятий, необходим простой формальный анализ, позволяющий также использовать графическую поддержку (сети Петри), а также возможность имитационного моделирования (расширенные сети Петри).

Рассмотрим возможности использования сетей Петри для формального описания модели производственного процесса.

Построение сети Петри заключается в следующем:

1. Производственный процесс описывается множеством событий (D) и условий (B), которые определяют возможность наступления того или иного события. Затем устанавливаются причинно-следственные отношения между парами событие-условие. Множество событий и условий не являются пустым множеством;

2. Состояние системы определяется последовательностью событий и действий. Состояние системы характеризуется множеством предусловий и постусловий, которые количественно выражены в виде чисел натурального ряда;

3. Принимая во внимание количественные характеристики процесса, условия могут, как выполняться, так и нет. В случае выполнения условия реализуется событие. Если в случае выполнения условия наступает событие, то данное условие является предусловием. В случае, если реализация события позволяет выполнить другие условия, которые находятся в предусловии в причинно-следственной связи, называется постусловием.

Рассмотрим формальное описание основных элементов производственного процесса.

1. Технологические операции могут быть описаны несколькими вариантами сети Петри. В случае изменения физико-химического состава заготовки (механическая, термическая обработка, прокатка) количество выходного и входного ресурса едино.

Для моделирования данного процесса можно использовать сеть Петри, изображенную на рис. 1.

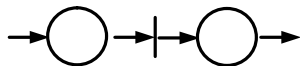


Рис. 1. Моделирование технологических операций

Если на этапе производственного процесса количество одновременно обрабатываемого ресурса ограничено некоторым значением  $k$ , то для моделирования можно использовать сеть на рис. 2.

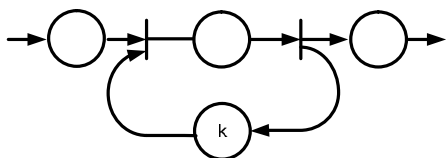


Рис. 2. Моделирование технологических операций с ограниченной пропускной способностью

Если необходимо произвести раскройку материала, то в этом случае производится разделение ресурса (из одного входного ресурса в результате получается два или более выходного ресурса) – рис. 3.

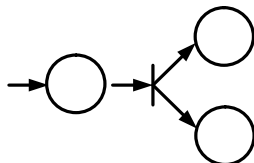


Рис. 3. Моделирование процесса раскройку материала

Обратный процесс, связанный с объединением ресурсов позволяет моделировать агрегатную сборку изделия – рис. 4.

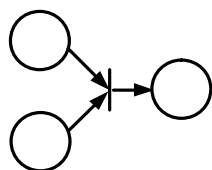


Рис. 4. Моделирование процесса сборки

2. В результате контрольных операций может быть выявлен исправляемый и не исправляемый брак. Если брак невозможно устранить, то эти детали могут быть отправлены на специальный буферный склад – рис. 5.

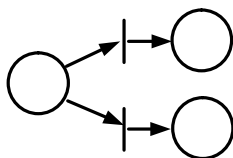


Рис. 5. Моделирование процесса контроля

Если есть возможность устранить допущенные ошибки в обработке, то деталь отправляют на предыдущую операцию – рис. 6.

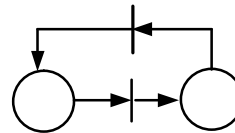


Рис. 6. Моделирование процесса контроля с возможностью отправки на доработку детали

3. Для транспортных операций могут быть использованы сети Петри, изображенные на рис. 2 – в данном случае коэффициент  $k$  отражает грузоподъемность транспортного средства (ограниченная емкость транспортного средства).

Сеть Петри формально может быть представлена в виде совокупности из четырех множеств символов –  $N = \{B, D, I, O\}$ , где  $B$  – это множество позиций,  $D$  – множество переходов,  $I$  – функция следования,  $O$  – функция предшествования. Если необходимо производить динамическое моделирование сети Петри, то следует добавить  $M$  – маркированное состояние сети.

Учитывая выявленные элементы производственного процесса, следует также производить моделирование задержки в производственном процессе в течение времени. В результате этого следует добавить еще одну составляющую – функцию времени срабатывания переходов  $\tau$ . Таким образом, сеть Петри приобретает вид  $N = \{B, D, I, O, M, \tau\}$

Такая модифицированная сеть Петри позволяет реалистичнее моделировать производственные процессы – каждому происходящему переходу соответствует определенное время  $\tau$ , интервал времени до появления метки в выходной позиции будет соответствовать задержки производственного процесса.

Построим модель производственного процесса изготовления детали «Винт» 148.00.5715.151.000 (ОАО ВАСО). Предлагается использовать моделирующие возможности системы CPN Tools.

Так при изготовлении детали «Винт» 148.00.5715.151.000 наблюдается перемещения для операций в других цехах. В тоже время представляется возможным установка дополнительного оборудования (термической печи), что позволит устранить излишние межцеховые перемещения и в значительной степени сократить длительность изготовления продукции. Моделирование первоначального организационного решения представлено на рис. 7.

Научно-производственный процесс отличается высокой неопределенностью, т.е. возможно появление или упразднение определенных операций, т.е. в технологический процесс добавили две новые операции. Во время наблюдения на объекте был зафиксирован факт, когда на складе не оказалось заготовки из необходимого материала, тогда сотрудники ОАО ВАСО отправляли запрос в конструкторское бюро о возможности использования для данной детали заготовки из другого материала. Данными операциями был запрос о возможности использования другого материала и его доставка. В

результате моделирования получены следующие данные. Длительность производственного процесса составила 958 единиц, использование дополнительного оборудования, которое позволило сократить длительность перемещения заготовки, позволило

сократить время на 130 единиц и составило 828, в случае увеличения числа технологических операций длительность производственного цикла увеличилась на 370 единиц, согласно данным моделирования составила 1328 единиц.

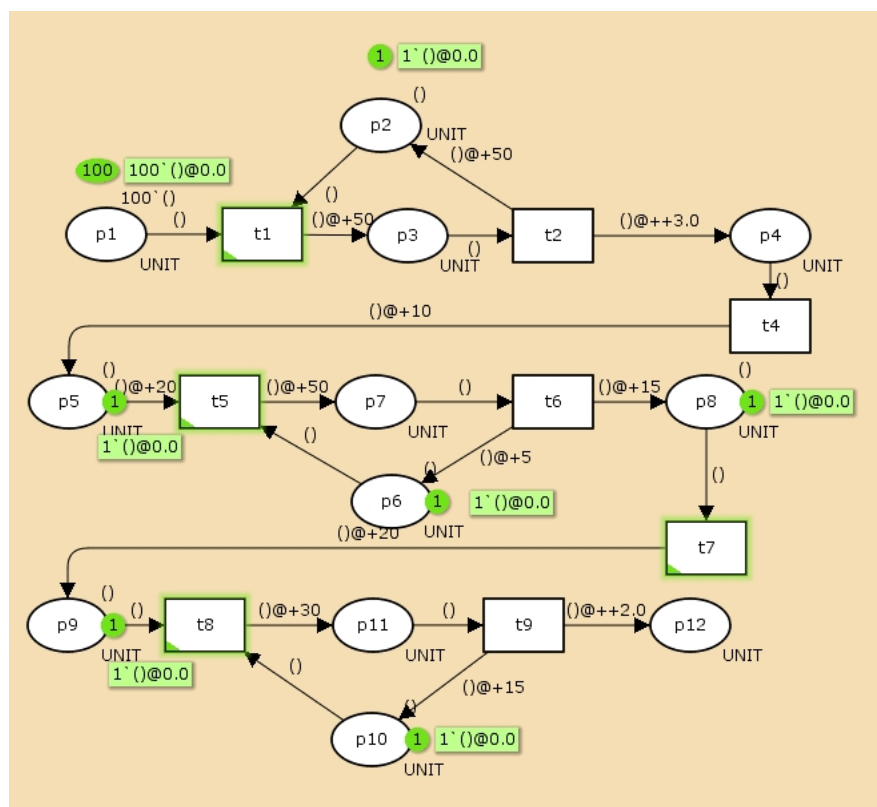


Рис. 7. Модель производственного процесса изготовления детали Винт

Таким образом, использование имитационного моделирования на основе использования сетей Петри позволяет выявлять наиболее рациональные организационные решения, что позволит добиться лучше экономических показателей изготовления наукоемкой продукции.

#### Литература

1. Амелин, С. В. Организация управления производством на основе моделирования [Текст] / С. В. Амелин // Организатор производства. - 2008. - № 2. - С. 93-96.

2. Кривякин, К. С. Особенности производства наукоемкой продукции [Текст] / К. С. Кривякин // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2012. - Т. 8. - № 8. - С. 74-76.

3. Амелин, С. В. Принятие решений в процессе оперативного управления производством на основе вероятностного подхода [Текст] / С. В. Амелин // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2012. - Т. 8. - № 2. - С. 105-109.

Воронежский государственный технический университет

## SIMULATION PROCESS KNOWLEDGE-BASED ENTERPRISES THROUGH THE USE OF PETRI NETS

A.A. Popikov

This paper proposes an approach to the assessment of the level of knowledge-intensity of production basis based on the definition of the integral of indicators that take into account a variety of factors influence

Key words: knowledge-based company, the manufacturing process, modeling