

---

---

# ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

---

---

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ

**Д.Ю. Минкин, доктор технических наук, профессор;**

**Т.В. Власова.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены основные направления и методы оптимизации ресурсов, особенность и типовая структура ресурсов сложных производственных систем. Определены понятие и задачи управления сложной производственной системой. Рассмотрены возможности решения задач управления оптимизации ресурсов на этапе проектирования, производственного и технологического процессов с применением метода моделирования процесса разработки проекта и базы данных технологического назначения.

*Ключевые слова:* сложные производственные системы, оптимизация ресурсов сложной производственной системы, технологический процесс, проектирование производственного процесса, научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки

## OPTIMIZATION OF RESOURCES IN TASK OF MANAGEMENT DIFFICULT PRODUCTIVE SYSTEM

D.Yu. Minkin; T.V. Vlasova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Basic directions are Considered optimization of resources, feature and model structure of resources of the difficult productive systems. A concept and management tasks are certain the difficult productive system. Possibilities of decision of tasks of management of optimization of resources are considered on the stage of planning productive and technological processes with the use of method of design of development of project and database of the technological setting process

*Keywords:* difficult productive systems, optimization of resources of difficult productive system, technological process, planning of productive process, research and development activities

На сегодняшний день весомым ресурсом отечественной национальной экономики являются производственный и научный потенциал, способность современных ученых и специалистов создавать новые идеи и технологии, воплощать их в виде новых изделий, посредством совершенствования производственного процесса.

Сложным производственным системам (СПС), к которым относят высокотехнологичные предприятия, по силе справиться с задачей по воплощению новых идей, поскольку эти системы обладают таким ресурсом.

Сложность производственной системы ассоциируется со значительным числом взаимосвязанных элементов (взаимодействующих подсистем, рассматриваемых как единое целое), с множеством локальных задач различного уровня приоритета, выполняемых

одновременно или последовательно, значительным влиянием внешних факторов, представляющих среду функционирования системы и с ресурсоемкостью.

Особенностью СПС, высокотехнологичных производств (ВТП) является длительность сроков исполнения проектов, высокая затратность на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) и технологический процесс, поэтому оптимизация ресурсов одна из важнейших задач в управлении СПС.

В связи с изложенным представляется актуальным рассмотрение проблемы управления СПС посредством оптимизации материальных и интеллектуальных ресурсов.

В общем смысле ресурсы – это денежные средства, ценности, запасы, возможности, источники средств, доходов, это все, что добавляет стоимость при их создании (выполнении), производстве [1].

Под ресурсами производственных систем понимается технологическое оборудование, сырье, материалы, трудовые ресурсы, технологическая документация [2].

К ресурсам можно отнести резервы, мощности, сборочные единицы, полуфабрикаты, производимые производственной системой.

Под неиспользованными возможностями увеличения выпуска продукции при минимальных затратах за счет наиболее полного использования ресурсов понимают резервы.

Под оптимизацией ресурсов предположим возможность роста и совершенствования производственной системы за счет наиболее полного использования существующих в данное время в производстве ресурсов и сокращения прямых потерь в процессе производства.

Типовая структура ресурсов СПС, высокотехнологичных предприятий, может быть рассмотрена на основании исследования различий в принципах их создания, расходования и преобразования.

Одним из способов управления функционированием СПС может быть разработка таких направлений, где материальные и интеллектуальные ресурсы будут использоваться в комплексе, взаимодополняя друг друга. Такое комплексное взаимодействие эффективно для СПС, где много взаимосвязанных элементов, одновременно выполняется несколько долгосрочных проектов и имеет место как использование, так и создание материальных и интеллектуальных ресурсов.

Задача управления СПС высокотехнологичными предприятиями может быть осуществлена на основе формирования сбалансированной структуры материальных и нематериальных ресурсов, системы сложных проектов и управления взаимодействием структурных элементов.

Для этого необходимо исследовать структуру ресурсов и использовать модели их применения, в том числе на основе сбалансированности разнородных ресурсов.

Наличие или отсутствие разнородных материальных и интеллектуальных ресурсов влияет на стабильное состояние, темп изменения производства, реальный уровень загрузки производственных мощностей, долю НИОКР в общем объеме работ, долю НИР в общем объеме НИОКР, темп обновления основных производственных фондов, стабильность производственного процесса, объем «портфеля» заказов, уровень рентабельности производства.

Анализ деятельности современных СПС, высокотехнологичных предприятий показал, что основным при формировании систем проектов должен быть учет разных принципов расходования, создания и потребления разнородных ресурсов. Внутри системы проектов однотипные ресурсы, вероятно, могут дополнять друг друга.

Кроме этого, современные условия экономики определяют необходимость учитывать при формировании систем таких проектов факторы рынка и ограниченность финансирования [3].

Несмотря на все усилия по сокращению сроков и стоимости разработки, а также по внедрению новых технологических процессов в производство, затраты на создание изделий растут, что подчеркивает важность определения на ранних стадиях проектирования

величины и необходимости разнородных ресурсов для создания изделий. Связь в этом случае прямая – затраты на исправление ошибок, обнаруженных на этапе проектирования, многократно ниже затрат на их исправление на этапе опытного и серийного производства. Конструктивное совершенство изделия определяется степенью учета специфики производственных процессов на стадии проектирования и способностью технологических процессов обеспечить исполнение заданных конструктором требований. В основном работы по оптимизации материальных и нематериальных ресурсов на этапе проектирования изделия сложны и не систематизированы.

Вышеизложенное свидетельствует об актуальности использования вместо разрозненных мероприятий системы управления ресурсами на этапе проектирования и создания опытного образца.

Для этого необходима эффективная программная система для получения математических моделей изделия, обеспечивающих определение затрат ресурсов на проектирование и создание опытного образца изделия [4].

Один из способов оптимизации ресурсов на стадии технологического процесса – применение модифицированных сетей Петри, представляющее собой последовательность срабатывания переходов, задающих некоторый поток маркеров.

Имитация поведения системы в виде сети Петри все чаще применяется для анализа производственных систем, процессов передачи информации, распределенных вычислительных систем и решения других задач [5]. Сеть Петри представляет собой ориентированный граф с вершинами двух типов: позициями  $P_i$  и переходами  $T_j$ . Вершины соединены дугами. Поведение системы имитируется движением маркеров через переходы от начальной к конечной позициям. Маркеры задерживаются в промежуточных позициях на время выполнения технологических операций. Логику процесса задают правилами движения маркеров через переходы  $T_j$  (рис. 1).

Технологический процесс рассматривается как набор взаимосвязанных по входам и выходам технологических операций.

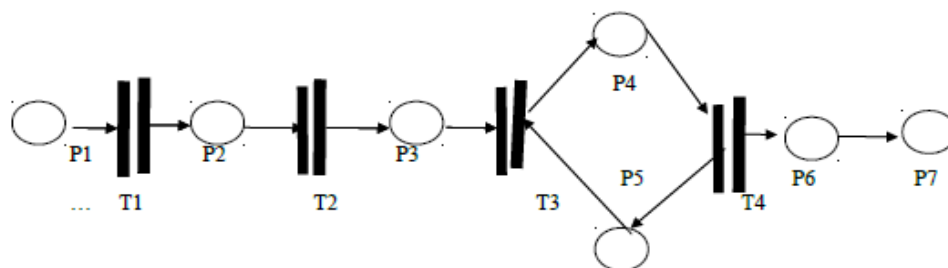


Рис. 1. Имитационная модель сети Петри

С помощью имитатора можно выбирать структуру и параметры производственных систем со сложным взаимодействием дискретных элементов во времени и пространстве [6].

Широкие возможности, заложенные в имитационной модели, позволяют учесть ряд специфических особенностей, важных для СПС.

Наиболее существенными факторами являются взаимозаменяемость ресурсов, совместное использование ресурсов и режим использования ресурса, затраты времени на настройку и переналадку оборудования.

В последней версии NetStar 2.02 возможно построение и редактирование сети Петри [7] (рис. 2).

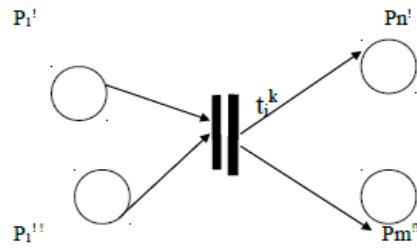


Рис. 2. Представление технологической схемы в сети Петри

Согласно мнения М.Ю. Копнина, В.В. Кульба, Е.А. Микрина, которые приводят описание технологии работы производственной системы на языке модифицированных языков Петри, предполагая, что каждой технологической операции  $S_i$ , технологического процесса могут быть выделены два не пересекающихся множества  $P_i^I = \{p_r^I\} r=1, n$  и  $P_i^{II} = \{p_s^{II}\} s=1, m$ , входных и выходных позиций. Тогда технологическая схема  $T_i^k$  для технологических операций  $S_i$  задается переходом  $t_i^k$ , а технологической схемой процесса служит набор технологических схем и операций, при которых достигается конечная маркировка.

Для каждой операции может существовать несколько способов преобразования входного распределения маркеров на выходное, задающееся функциями. Первая функция  $\lambda_k^k(p)$  входного распределения маркеров, отражающая минимальное количество ресурсов, необходимое для выполнения технологической операции. Вторая  $\omega_k^k(p)$  – является функцией выходного распределения и отражает количество ресурсов, получаемое из этого минимального количества [8].

В общем можно сказать, что использование такой технологии является некоторое преобразование потока ресурсов на входах в поток изделий на выходах.

Использование этого метода позволит выбрать наиболее эффективную структуру производственного процесса в случае остановки части производственных звеньев и определить дефицит ресурсов, резервы в звеньях системы.

Модифицированные сети Петри актуально применять при моделировании технологического процесса производственных систем.

Планирование подготовки производства и, соответственно, его ресурсное обеспечение можно осуществить с помощью метода моделирования процесса разработки проекта. Этот метод нашел отражение в системе сетевого планирования и управления (СПУ).

СПУ – это один из методов кибернетического подхода к управлению сложными динамическими системами [9]. Это комплекс графических и расчетных методов, организационных мероприятий и контрольных приемов, обеспечивающих моделирование, анализ и динамическую перестройку плана выполнения сложных проектов и разработок, с целью обеспечения определенных оптимальных показателей. Такими показателями для СПС может быть минимальное время выполнения всего комплекса работ и максимальная экономия ресурсов.

Планирование технической подготовки производства предполагает определение трудоемкости работ по всем стадиям и этапам, циклам отдельных этапов, стадий и подготовки в целом и составления сметы затрат на основании нормативной базы.

Моделирование процесса разработки предполагает достаточно полное отображение в той или иной форме взаимосвязей и характеристик работ в процессе выполнения проекта.

Техническая подготовка проекта осуществляется на основании нормативов. Для СПС это в том числе нормативы количества конструкторских листов на изделие, сборочную единицу, оригинальную деталь, коэффициенты оснащенности технологических процессов, трудоемкость конструкторских, чертежных, копировальных и других работ по проектированию одной оригинальной детали, трудоемкость проектирования

технологического процесса и оснастки на одну оригинальную деталь и др.

Основным плановым документом в системе СПУ является сетевая модель (сетевой график), представляющий собой информационно-динамическую модель, в которой изображаются взаимосвязи и результаты всех работ, необходимых для достижения конечной цели разработки.

Сетевая модель характеризует структуру процесса производства. Элементами сети являются не только исследовательские, экспериментальные, конструкторские, производственные, но и финансовые, сбытовые, управленческие работы, изображаемые в виде стрелок или дуг. Их конечные результаты (события) изображаются в виде узлов сети (рис. 3).

При планировании сетевыми методами работы по данной теме расчленяются на составные части, каждая из которых закрепляется за определенным руководителем, ответственным исполнителем и соисполнителем.

В качестве руководителей, комплексов работ или их частей на СПС, ВТП выступают заместители главных инженеров по подготовке производства, главные инженеры проектов, ведущие конструкторы по теме в опытно-конструкторских бюро, руководители тем [9], исполнителями и соисполнителями – конструктора, технологи, техники и т.п.

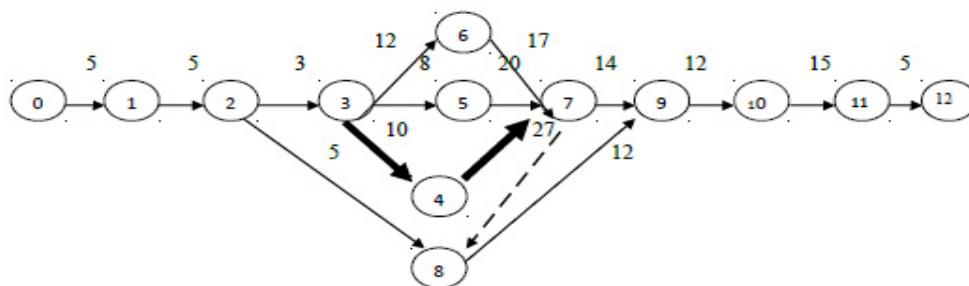


Рис. 3. Сетевая модель (сетевой график) проектирования и изготовления изделия (10, 27 – критический путь)

На рис. 3. изображены пути, от исходного к завершающему событию.

Обычно многие работы, лежащие на этих путях, выполняются параллельно, и общий срок проектирования и изготовления изделия будет зависеть от продолжительности максимального по времени критического пути.

Срыв критического пути, который на рис. 3 отмечен жирной линией, ведет к срыву всего комплекса проектирования и изготовления изделия. Остальные пути имеют некоторый резерв времени, а значит, допускают задержки событий в определенных пунктах этого пути.

Резерв времени события R определяют как разность между поздним (Тн) и ранним (Тр) сроками наступления события:

$$R = T_n - T_r.$$

По аналогичной формуле определяют ранние и поздние сроки окончания работы и резервы ее времени [9].

По каждой работе сетевой модели ответственный исполнитель определяет время ее выполнения (на рис. 3 время выполнения каждой работы указано цифрами у соответствующей стрелки).

Последующим действием будет оптимизация сетевого графика, зависящая от полноты решаемых задач. Например, минимизация времени выполнения разработки при заданной ее стоимости, минимизация используемого ресурса, минимизация стоимости всего комплекса работ при заданном времени выполнения проекта. В общем случае – нахождение оптимума

в соотношении величин затрат и сроков выполнения в зависимости от конкретных целей, ставившихся при его реализации.

Информация по изменениям в графике поступает в специализированный центр и на ее основе воспроизводят комплексный сетевой график, после чего выполняют его анализ. Новый сетевой график формируется в результате обновления ряда оценок исходного плана и представляет собой прогноз хода работ на определенный момент времени.

Так как величина отклонений зависит от обоснованности исходных оценок, то параметры обновленного графика всегда отличаются от исходного.

Для наглядности комплексов работ, проводимых ВТП, за исполнителями и соисполнителями используют оперограммы.

На рис. 4 показано, что за комплекс работ 1 ответственным является исполнитель Д, а В является соисполнителем. По 2 комплексу ответственным исполнителем является А, а Ж – соисполнитель и т.д.

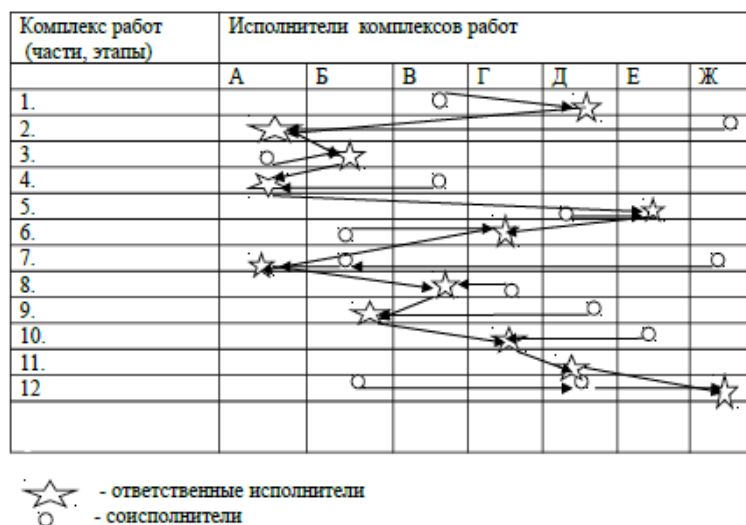


Рис. 4. Оперограмма организации выполнения комплекса работ

С применением сетевого графика и оперограммы внимание руководителей ВТП концентрируется на решающих работах, лежащих на критическом пути, отражается четкая взаимосвязь между ответственными исполнителями и соисполнителями отдельных работ, реализуется принцип непрерывности планирования хода разработки и управлению ею [9].

Сетевые методы планирования наиболее часто применяются при разработке перспективных планов и моделей, создании сложных производственных систем.

Они содержат не только общую длительность проектно-производственной и финансово-экономической деятельности, но и продолжительность или последовательность осуществления отдельных этапов или операций, а также потребность в необходимых разнородных ресурсах по этапам и в целом, выраженных в схеме критического пути.

Посредством СПУ возможно распределять и использовать имеющиеся на предприятии ограниченные ресурсы, осуществлять прогнозирование хода выполнения основных этапов и своевременно принимать необходимые плановые и управленческие решения в корректировке сроков [10].

Задача управления оптимизации ресурсов на этапе проектирования может быть решена только с использованием информационных систем и автоматизированных систем планирования управления производством.

Оптимизацию ресурсов СПС возможно провести с помощью максимальной интеграции и взаимодействия элементов, составляющих технологическую связку «исследование-производство», активно используя базу данных технологического назначения (БДТН).

Важным компонентом всех информационных систем является БДТН, состоящая из отдельных специализированных баз данных, ориентированных на решение конкретных задач технологичной подготовки производства.

Весомым ресурсом для СПС является технологическая документация.

БДТН решает проблему оптимизации ресурсов и предусматривает, в частности, комплексную автоматизацию и интеграцию технической подготовки производства (конструирование, проектирование, обработка на технологическом изделии, проектирование технологических процессов их изготовления, проектирование средств технологического оборудования (СТО), проектирование СТО второго порядка и их изготовления), управление всеми этими процессами и производством в целом на основе принципов «безбумажной» технологии переработки информации.

Вывод: к СПС, высокотехнологичным производствам можно отнести предприятия, в которых большую часть затрат на НИР и опытно-конструкторские работы составляют затраты, связанные с решением технологических проблем. Для решения этих проблем при ограниченности ресурсов разрабатываются и используются модели и методы планирования и управления, использующие современные информационные технологии, оборудование, инфраструктуру.

В соответствии с огромным перечнем задач, решаемых сегодня и в перспективе СПС, а также особенностями современных условий их развития выделим следующие основные направления оптимизации ресурсов.

Задачи управления СПС могут быть решены, в том числе и посредством:

- формирования сбалансированной структуры материальных и нематериальных ресурсов, системы сложных проектов и управления взаимодействием его структурных элементов;
- метода моделирования процесса разработки проекта (сетевое планирование и управления);
- модифицированных сетей Петри;
- применения базы данных технологического назначения.

Изложенные в статье предложения, направлены на решение задачи управления СПС, выражающиеся в повышении эффективности конструкторско-технологических решений, сокращении затрат и сроков проведения конструкторско-технологической подготовки производства, технологического процесса, себестоимости новых изделий СПС, за счет оптимизации разнородных ресурсов.

В первую очередь речь идет о применении графических и расчетных методов, сбалансированной структуры материальных и нематериальных ресурсов, особенно на начальных этапах проектирования, и дальнейшем углублении проектно-конструкторско-технологической методологии, позволяющей определить оптимальное количество взаимосвязанных элементов СПС, обеспечивающих минимизацию сроков производства изделия, значительное повышение технологической и экономической эффективности при резко ограниченных ресурсах.

На решение данной задачи должны быть ориентированы все производственные процессы и структурные элементы их осуществляющие, должна быть эффективна работа технологической связки «исследование-производство».

### **Литература**

1. Чая В.Т. Управленческий анализ: учеб. пособие. М.: Рид групп, 2001. 448 с.
2. Прыкин Б.В. Техничко-экономический анализ производства: учеб. для вузов. 2-е изд. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 476 с.
3. Новикова К.С. Разработка организационно-экономических методов и моделей управления созданием и потреблением ресурсов при выборе направлений стратегического развития промышленных предприятий в наукоемких отраслях: дис. ... канд. экон. наук. М.: МГТУ им. Баумана, 2007. 145 с.

4. Николаева А.Б. Формирование системы управления затратами наукоемкой продукции на предприятиях машиностроения: дис. ... канд. экон. наук. Казань: Казанский нац. исслед. техн. ун-т им. А.Н. Туполева, 2011. 123 с.
5. Мурата Т. Сети Петри: свойства, анализ и приложения // Труды ТИИИЭР: пер. с англ. 1989. Т. 77. № 4. С. 41–79.
6. Конюх В.Л., Михайлишин А.Ю. Имитатор сетей Петри и опыт его применения. URL: <http://kiev.convdocs.org/docs/699/index-192905.html> (дата обращения: 11.06.2014).
7. Михайлишин А.Ю. Разработка научно-методического обеспечения для имитационного моделирования функционирования сложных систем // Открытое и дистанционное образование. 2002. № 4 (8). С. 34–35.
8. Копнин М.Ю., Кульба В.В., Микрина Е.А. Структурно-технологический резерв и его использование для повышения устойчивости производственных систем // Проблемы управления. 2005. № 4.
9. Основы отраслевых технологий и организация производства: учеб. / под ред. Ю.М. Аносова, Л.Л. Бекренева, В.В. Дурнева. 2-е изд. СПб.: Политехника, 2004. 312 с.
10. Линейное и сетевое планирование. Преимущества сетевого планирования. URL: <http://topirtop.livejournal.com/100629.html> (дата обращения: 11.06.2014).