

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОТОКОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2009 А.А. Коптев, С.Ф. Тлустенко*

Ключевые слова: технологические инновации, моделирование, потоки, цели, ресурсы.

Существует проблема теоретического описания процессов развития и особенностей динамики поведения производственной среды как активной системы. Предложена методика разбиения исходного множества состояний системы по признакам в целях оптимизации дискретных моделей.

Построение гибких автоматизированных производств сложной техники связано с определением множества N_x структур моделей производственно технологических процессов как векторной функции в виде Булева произведения: $N_x = F(M \cap L)$, где L - множество условий функционирования системы; M - множество структурных компонент, состоящих из подмножеств материальных элементов основных процессов из множества вариантов функционирования $k_i \in K$ и адекватными им подмножествами моментов времени $t_k \in T$, множество управляющих воздействий $v_i \in V$ в сочетании со случайными допустимыми возмущениями $g_i \in G$, конструкторско-технологическими параметрами. В условиях реализации производственных потоков на эту структурную модель накладывается системное комплексное управление (операторы), при условии достаточности вариаций возможных решений с целью достижения планируемых показателей трудоемкости, материалоемкости, качества и др.

В авиастроении все более существенным становится компромисс между затратами всех видов и качеством при условии оптимизации различных схем по всем составляющим. Таким образом, эффективность технологических инноваций (ТИ) связана с теоретико-физической сущностью множества структур моделей: $M_x = N[\{T, V, \dots, G\} \cap \{L\}]$ с набором непрерывных, дискретных, непрерывно-дискретных процессов.

Исследуем логику и динамику технологических инноваций с целью развития методики оптимального перевода системы из одного состояния в другое. При распределении ресурсов и в первую очередь затрат на реализацию проектов в рамках ТИ учитываются общая направленность стратегии раз-

вития и перспективы изменений в продукции и технологии в целом.

Таким образом, разработке проекта создания (реформирования) сложной системы (производственной, организационной, транспортной и т.д.) предшествует анализ состояния производства на начальном этапе, в ходе которого определяются ориентировочные характеристики системы: финансовые и временные затраты на ее проектирование и реализацию, сроки окупаемости, рамочная структура (архитектура), принципы функционирования (поведения) и др. Начальный этап анализа называют также технико-экономическим обоснованием, прединвестиционным исследованием. Поскольку на начальном этапе реальной системы еще не существует, то проработка ведется в основном на уровне различных моделей. Другими словами, базовыми методами обоснования являются аналитическое и имитационное моделирование.

Различают четыре последовательные стадии моделирования на начальном этапе обоснования.

1. Целеполагание - формулирование целей, определяющих назначение создаваемой (формируемой) системы, а также целей, которые должны быть достигнуты при выполнении проекта.

2. Когнитивное (познавательное) моделирование - идентификацию факторов, влияющих на развитие ситуаций в системе, задание (на основе опроса экспертов) взаимосвязей между факторами, прогнозирование тенденций развития ситуаций и т.д.

3. Операционное моделирование - построение сценариев достижения поставленных целей на основе множества операций, выполняемых в определенном порядке.

* Коптев Андрей Анатольевич, профессор Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва; Тлустенко Станислав Федотович, доцент Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва. E-mail: titan250@mail.ru.

4. Потокное моделирование - отображение потоков (финансовых, информационных, материальных, энергетических), подаваемых на вход системы, распространяемых внутри системы, снимаемых с ее выхода.

Целеполаганию и операционному моделированию посвящен цикл работ¹. В настоящей работе обсуждается интеграционный подход к аналитическому моделированию на базе формального аппарата теории графов и ее приложений².

Известные из литературы потокные модели создавались, в основном, под определенные классы систем. Примером могут служить модели гибких автоматизированных производств (робото-технологических комплексов, участков, цехов в машиностроении), модели бизнес-систем, представляемых блочными структурами с реализацией в каждом блоке своего жизненного цикла преобразования элементов потоков и др. Каждая такая модель была ориентирована на собственные инструментальные средства, что создавало серьезные трудности.

В работе используется математическая модель, которая может быть применена для отображения путей и потоков в сетях, представляющей проект развития авиационного предприятия (ПР АП) и различные этапы его реализации. Модель и основанные на ней методы описания и анализа путей и потоков поддержаны универсальным и прикладным инструментарием теории графов, тензорного анализа, сетевым представлением схем.

Предлагаемые модели анализа ПР АП с использованием ТИ представляет собой структуру, состоящую из двух взаимосвязанных частей, базирующихся на представлении некоторыми подструктурами как проекта, так и показателей его эффективности, связанных с отдельными требованиями, внешними по отношению к проекту ТИ как системе, и с сетью, описывающей сам проект.

Рассмотрим последовательно модели, обеспечивающие анализ ПР АП с использованием ТИ с этих позиций.

В рамках общего сетевого подхода реализация ПР АП как последовательность событий и работ может быть представлена ориентированной сетью.

Исходя из этого, ПР АП есть частично упорядоченное множество работ, причем эта час-

тичная упорядоченность возникает из технологических ограничений, требующих, чтобы одни работы были закончены, прежде чем начнутся некоторые другие. Предполагается, что каждой работе соответствует нормальное время ее выполнения и аварийное время ее выполнения и что стоимость выполнения данной работы линейно меняется в промежутке между этими двумя сроками. Тогда было бы желательно подсчитать наименьшую стоимость проекта при условии, что весь проект должен быть завершен в заданный промежуток времени. Это дало бы одну точку на кривой стоимости проекта. Решая эту задачу для всех допустимых промежутков времени, получаем полную кривую стоимости проекта. Имея в руках эту информацию, менеджер может ответить на поставленные вопросы: выделять ли определенные ассигнования; каков наиболее ранний срок завершения этого проекта и т.д.

Решение задачи по определению кривой стоимости ПР можно получить на основе модели потоков в сетях³.

Модель ПР АП может быть представлена ориентированной сетью. Рассмотрим построение такой сети на примере.

Предположим, например, что проект состоит из работ 1, 2, 3, 4, 5 и что единственными отношениями порядка являются следующие:

- 1 предшествует 3, 4;
- 2 предшествует 4;
- 3, 4 предшествуют 5;

и вытекающие из них по транзитивности. Обычный способ изображения этого частично упорядоченного множества показан на рисунке, где некоторые из дуг изображают работы, а узлы можно понимать как события во времени. Существование любого узла означает, что все направленные в этот узел работы должны быть завершены, прежде чем могут быть начаты работы, направленные из него. Заметим, что во втором из этих представлений проекта встречаются и дуги (см. нанесенную пунктиром дугу на рисунке), не соответствующие никаким работам. Это вполне допустимо, так как к проекту можно добавить фиктивную работу, соответствующую такой дуге, и сделать предположение, что фиктивные работы имеют нулевое время выполнения и нулевую стоимость. Необходимо заметить, что, вводя фиктивные работы, мы можем таким образом представить любой проект.

Пользуясь этим представлением проекта в виде сети, можно показать, что задача вычисления кривой стоимости есть задача о потоке. Таким образом, мы предполагаем, что дана ориентированная сеть, дуги которой соответствуют работам, а узлы - событиям. Эта сеть не содержит направленных циклов. При этом можем также считать, добавив, если нужно, начальный и конечный узлы s и t вместе с подходящими дугами, направленными из s в t , что каждая дуга содержится в некоторой направленной цепи из s в t .

Каждой дуге (x, y) поставлены в соответствие три неотрицательных целых числа: $a(x, y)$, $b(x, y)$ и $c(x, y)$, причем $a(x, y) \leq b(x, y)$. Эти числа интерпретируются так: $a(x, y)$ - аварийное время выполнения работы (x, y) , $b(x, y)$ - нормальное время ее выполнения, $c(x, y)$ - убывание стоимости выполнения работы на единицу возрастания времени от $a(x, y)$ до $b(x, y)$. Иными словами, стоимость выполнения работы (x, y) за $\tau(x, y)$ единиц времени определяется некоторой функцией

$$C(\tau(x, y)) = a(x, y) + c(x, y)(\tau(x, y) - a(x, y)) \quad (4)$$

принимала бы максимальное значение. Итак, если обозначить через $\tau(x)$ (неизвестное) время осуществления события x , то нужно максимизировать функцию (4), подчиненную неравенствам

$$- \tau(s) + \tau(t) \leq T, \quad (5)$$

$$- \tau(s) + \tau(t) \leq T, \quad (6)$$

$$(7)$$

$$(8)$$

После этого стоимость проекта $C(T)$, соответствующая данному значению T в (6), определяется по формуле

$\sum_{x,y} c(x,y) \tau(x,y)$

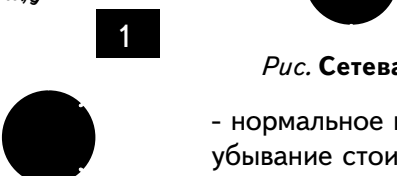


Рис. Сетевая модель представления работ проекта развития авиационного предприятия

где максимум берется по всем $\tau(x, y)$, при указанных ограничениях. Предполагаем, что эти ограничения допустимы, что, конечно, будет верно при больших T . Действительно, для данной функции, удовлетворяющей условиям (7) и (8), ограничения допустимы в том случае, если T не меньше - самой длинной цепи из s и t . Доказательство этого опирается на тот факт, что сеть проекта не содержит направленных циклов.

$$C(T) = \max_{x,y} \sum_{x,y} c(x,y) \tau(x,y), \quad (9)$$

на промежутке

$$(1)$$

$$(2)$$

Пусть дано, что проект нужно закончить за T единиц времени. Тогда задача состоит в выборе для каждой работы (x, y) времени $\tau(x, y)$, удовлетворяющего неравенствам (2), при котором стоимость проекта

$$(3)$$

была бы минимальной; или, эквивалентно, функция

¹ Неусыпкин К.А., Забельский А.И. Некоторые аспекты теории организации и прогнозирования. М., 2000.

² Твисс Б. Управление научно-техническими инновациями. М., 1989.

³ Там же.