

Абакумова Н. А., Кокшарова М. В.

**СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html](http://www.gramota.net/materials/1/2009/9/1.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2009. № 9 (28). С. 7-10. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2009/9/](http://www.gramota.net/materials/1/2009/9/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

## СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

*Абакумова Н. А., Кокишарова М. В.  
Алтайский государственный аграрный университет*

Среди математических методов, применяемых для совершенствования управления различными процессами, всё большее распространение получают методы сетевого планирования и управления. Особенно в коммерческой деятельности большинство возникающих задач удобно воспринимать и анализировать в виде сетей, т.к. сетевые модели являются более понятными по сравнению с другими.

Система методов сетевого планирования и управления является комплексом графических и расчётных методов, организованных мероприятий и контрольных приёмов, обеспечивающих моделирование, анализ и динамическую перестройку плана выполнения работ.

В кратком изложении сущности методов сетевого планирования и управления заключается в следующем:

1) процесс, подлежащий планированию и управлению, представляется в виде сетевого графика, отражающего логическую и технологическую последовательность, взаимную связь между составляющими (работами) процесса;

2) производится детальный расчёт временных характеристик всего процесса и его составляющих, выявляются резервы времени, определяются соответствие длительности процесса поставленным требованиям;

3) на основе анализа привлечения неиспользованных ресурсов производится оптимизация сети, т.е. формируется и рассчитывается такой сетевой график (план), при котором планируемый процесс будет удовлетворять поставленным требованиям;

4) в процессе управления процессом производится регулярное сравнение сетевого календарного графика с фактическим ходом процесса [Голенко, с. 196].

Основным понятием в сетевом планировании является сетевой график (или просто сеть) – графическое изображение хода процесса, отображающее логическую взаимосвязь и последовательность выполнения всех работ от начала до конца.

При оценке времени исполнения работы в сетевом планировании используется нормативно-справочная база, опыт, интуиция. Временные оценки работ могут быть определены методом экспертных оценок, заключающемся в опросе опытных специалистов, по формуле:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot n_i}{m \cdot n} \quad (1)$$

где  $m$  – число экспертов,  $t_i$  – оценка  $i$ -ого эксперта,  $n_i$  – число исполнителей работы, принятое экспертом,  $n$  – фактическое число исполнителей работы.

В сетевом планировании по работам, время выполнения которых неопределенно, можно дать, например, две вероятностные оценки времени:

$t_{\min}$  – время выполнения работы при благоприятном стечении обстоятельств;

$t_{\max}$  – время выполнения работы при неблагоприятном стечении обстоятельств [Фомин, с. 543].

Сами по себе эти величины не являются характеристиками распределения вероятностей продолжительности работ. Но они являются исходными для расчёта ожидаемого времени выполнения работ  $t_{\text{ож}}(i, j) = M(T)$  – математическое ожидание случайной величины  $T$  – продолжительности работы  $(i, j)$ .

Наибольшее распространение продолжительности работ имеет закон бетта – распределения. И ожидаемое время работы  $(i, j)$  можно рассчитать по формуле:

$$t_{\text{ож}}(i, j) = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} \quad (2)$$

При этом среднее квадратическое отклонение может быть вычислено по формуле:

$$\sigma_t(t, j) = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{5} \quad (3)$$

К основным параметрам сетевого графика относятся: критический путь, резервы времени событий и резервы времени работ.

Как ранее отмечалось критический путь – это наиболее протяженная по времени цепочка последовательных работ от исходного к завершающему событию. Изменение продолжительности любой работы на критическом пути соответствующим образом меняет срок наступления завершающего события. В некоторых случаях в сетевом графике может быть несколько критических путей, имеющих одинаковую продолжительность.

После составления общей сети планируемого процесса приступают к расчету:

- времени наступления (и окончания) событий;
- продолжительности критического пути;
- времени начала (и окончания) работ;
- резервов времени.

Полным резервом времени пути называется разность между продолжительностью критического пути и продолжительностью данного пути –  $R(L) = t_{кр} - t(L)$ . Здесь  $t(L)$  – продолжительность рассматриваемого пути.

Полным резервом времени события называется разность между ранним и поздним временем свершения этого события:  $R(i) = t_n(i) - t_p(i)$ .

Полным резервом времени работы называется полный резерв времени максимального по продолжительности полного пути, проходящего через данную работу:  $R_n(i, j) = t_n(j) - t_p(i) - t(i, j)$ .

### Пример 1

Имеется перечень работ студентов некоторого факультета вуза по подготовке к проведению научной студенческой конференции, в котором указаны коды работ, их последовательность и продолжительности (Таблица 1). Составить сетевой график комплекса указанных работ и определить критический путь.

Таблица 1

Коды работ (начало, окончание)	Наименование работы	Продолжительность работы (в днях)
(0,1)	Сообщение в деканате о сроке проведения конференции и назначения ответственных	3
(1,2)	Выдача предварительного распоряжения	2
(1,3)	Подготовка предложений по проведению конференции	12
(1,4)	Рассмотрение предложений деканом и принятия решений	3
(2,5)	Подготовка программы конференции	10
(2,6)	Предварительная подготовка студентов–докладчиков	15
(4,6)	Подготовка приказа деканом	2
(3,7)	Оформление документов для проведения конференции (печатавание программы и приглашений)	8
(3,4)	Фиктивная работа	0
(5,8)	Оформление окончательного плана проведения конференции	4
(6,8)	Доведение информации и программы конференции до всех студентов факультета	3
(7,8)	Подготовка и дача объявления о конференции, времени и месте её проведения	2
(8,9)	Доклад ответственных декану о готовности к проведению конференции	2

Решение:

На основании данных составляем сетевой график:

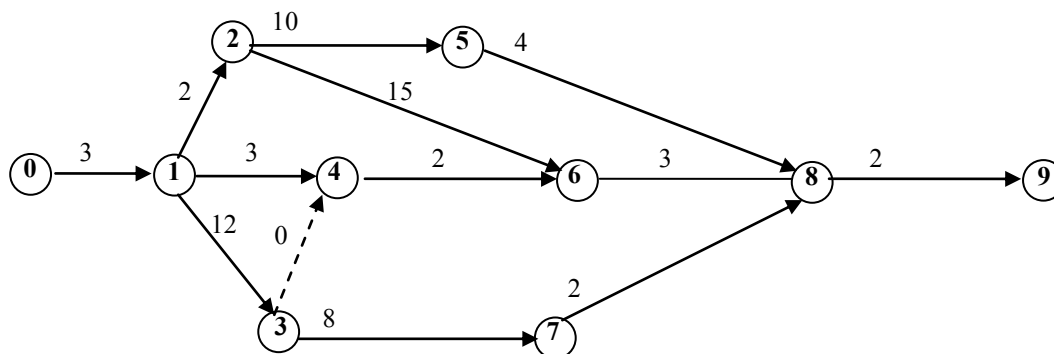


Рисунок 1

В Таблице 2 указаны коды работ и их продолжительности, образующие полные пути:

Таблица 2

Полные пути L <sub>k</sub>	Коды работ (i, j) полных путей	Продолжительность полных путей t(L <sub>k</sub> ) (дней)
L1	(0,1), (1,2), (2,5), (5,8), (8,9)	21
L2	(0,1), (1,2), (2,6), (6,8), (8,9)	25
L3	(0,1), (1,4), (4,6), (6,8), (8,9)	13
L4	(0,1), (1,3), (3,7), (7,8), (8,9)	27
L5	(0,1), (1,3), (3,4), (4,6), (6,8), (8,9)	22

Наибольшим по продолжительности является путь L4.

Следовательно L4 является критическим путем построенного сетевого графика с критическим временем  $t_{кр}=27$  дней.

После того как исходный сетевой график планируемого процесса рассчитан, производят его анализ с целью оптимизации. Оптимизация может проводиться по различным критериям: времени, ресурсам, стоимости и др.

Рассмотрим анализ и оптимизацию сети по времени. При этом выясняется:

- 1) соответствие критического времени сети установленному сроку;
- 2) соответствие ранних сроков наступления событий их заданным значениям;
- 3) возможность параллельного выполнения критических работ, а также разделения работ на составляющие с параллельным их выполнением;
- 4) возможность использования исполнителей и других ресурсов этих работ для интенсификации критических работ;
- 5) возможность и целесообразность изменения структуры сети в целях сокращения общей продолжительности планируемого процесса.

Наибольший эффект при оптимизации сети дает совмещение критических работ во времени, т.е. их параллельное выполнение. После того, как в результате анализа намечены конкретные пути оптимизации сети, исправляется или заново составляется перечень работ с учетом изменения продолжительности некоторых работ за счет привлечения дополнительных ресурсов.

Замечание:

Оптимизация плана работ влечет иногда многократного улучшения первоначального сетевого графика.

В заключении рассмотрим решение задачи сетевого планирования вне зависимости от конкретного смысла.

### Пример 2

На Рисунке 2 изображен сетевой график некоторого комплекса работ. В числителе дроби над каждой стрелкой указана минимальная продолжительность работы, в знаменателе – максимальная (в днях).

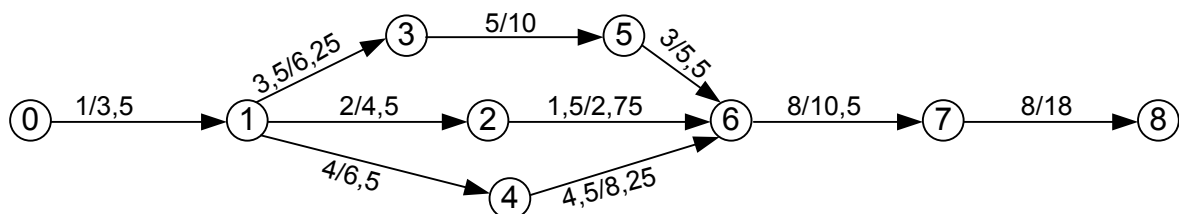


Рисунок 2

Определить:

1. Критический путь и математическое ожидание его продолжительности ( $M(T)$ ).
2. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma(T)$ ).
3. Вероятность выполнения комплекса работ за время  $T_{пл} = 40$  дней.

Решение:

1. Сетевой график на Рисунке 2 имеет три полных пути:

$$L_1 = (0, 1, 3, 5, 6, 7, 8), \quad L_2 = (0, 1, 2, 6, 7, 8), \quad L_3 = (0, 1, 4, 6, 7, 8).$$

Вычислим по формуле (2 п. 1.4) математические ожидания работ первого полного пути  $L_1$ :

$$M_{t(0,1)} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3,5}{5} = 2 \quad M_{t(1,3)} = \frac{3 \cdot 2,5 + 2 \cdot 6,25}{5} = 4$$

$$M_{t(3,5)} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 10}{5} = 7 \quad M_{t(5,6)} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5,5}{5} = 4$$

$$M_{t(6,7)} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 10,5}{5} = 9 \quad M_{t(7,8)} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 18}{5} = 12$$

$$M_{i(L_1)} = 2 + 4 + 7 + 4 + 9 + 12 = 38 \text{ (дней)}.$$

Аналогично вычисляем математические ожидания путей L2 и L3:  $M_{i(L_2)} = 28$  (дней),  $M_{i(L_3)} = 25$  (дней).

Итак, самым продолжительным является путь L1 и поэтому он является критическим для этой сети.

2. По формуле 3 вычислим средние квадратические отклонения  $\sigma$  продолжительностей работ критического пути:

$$\sigma_{i(0,1)} = \frac{3,5-1}{5} = 0,5 \quad \sigma_{i(1,3)} = \frac{6,25-2,5}{5} = 0,75$$

$$\sigma_{i(5,6)} = \frac{5,5-3}{5} = 0,5 \quad \sigma_{i(3,5)} = \frac{10-5}{5} = 1$$

$$\sigma_{i(6,7)} = \frac{10,5-8}{5} = 0,5 \quad \sigma_{i(7,8)} = \frac{18-8}{5} = 2$$

Среднее квадратическое отклонение продолжительности всего критического пути равно:

$$\sigma_{t_{кр.}} = \sqrt{(0,5)^2 + (0,75)^2 + 1^2 + (0,5)^2 + (0,5)^2 + 2^2} \approx 2,5$$

3. Вероятность выполнения комплекса работ за 40 дней вычислим по формуле:

$$P(T < T_{пл.}) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{T_{пл.} - M_{t_{кр.}}}{0,675 \cdot \sigma_{t_{кр.}}} \right) \right], \text{ где } \Phi(T) - \text{ функция Лапласа}$$

$$P(T < 40) = \frac{1}{2} [1 + \Phi(1,18)] \approx 0,8.$$

*Список литературы*

- Голенко Д. И.** Статистические методы сетевого планирования и управления. М.: Наука, 1968. 196 с.  
**Фомин Г. П.** Математические методы и модели. М.: Финансы и статистика, 2001. 543 с.

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Аликов А. Ю., Щепетов А. В.*

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)  
Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета*

Основной задачей экономико-математического моделирования производственных процессов является отыскание возможности качественного представления их в виде воспроизводимых зависимостей или иных описаний, позволяющих решать задачи экономического моделирования с требуемыми значениями точности и адекватности. Организационно-технологические системы (ОТС), которыми представляются и описываются многие производства – металлургические, химические, угольные и другие, характеризуются тем, что их технологический процесс представляет собой заданную последовательность технологических и транспортных операций, где результаты каждой последующей операции определяются на основе параметров предыдущих операций и имеют вероятностно-статистический характер протекания.

В работе [Авдеев, Буторин, Кудрин, 1997, с. 24] показано, что представление динамики технологического процесса в ОТС в виде связанной последовательности технологических маршрутов, является наиболее рациональным способом описания технологии и организации производства для задач планирования и оперативного управления, например, в цехах комплекса сталь-прокат металлургического комбината. Установлено, что технологические маршруты  $W_{ij}(\cdot)$ , представляемые в виде последовательных описаний  $W_{ij}(w_1, w_2, \dots, w_n; \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$ , где  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$  – заданная последовательность технологических операций,  $(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$  – время их начала, а индексы  $i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$  определяют соответственно номер технологического маршрута (ТМ) и номер заказа на металлопрокат, адекватно описывают динамику организационно-технологического процесса.

Использование такого описания динамики технологического процесса в качестве базового, или как структурной единицы описания движения металлотока по переделам, позволяет решать основные задачи оперативного управления производством. Естественно, что такое представление ТМ не содержит в явном виде экономических параметров производства, например, затрат на выполнение операций, стоимостных параметров операций, потерь производства от межоперационных простоев. Любое переназначение операций внутри  $W_{ij}(\cdot)$ , изменение их последовательности, изменение времени начала или окончания операций, вызывает изменение стоимостных параметров, как отдельной операции, так и всего технологического маршрута.

Оперативный и технологический персонал комбината, цехов и участков, реализуя управленческие воздействия на ТМ, вызванные контролируруемыми или неконтролируемыми возмущениями, руководствуется