

АНАЛИЗ РЕАЛИЗУЕМОСТИ ПРОГРАММ И ПРОЕКТОВ ПО СОЗДАНИЮ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ

М.В. РОМАНОВА,

кандидат экономических наук,

доцент Государственного университета управления

Развитие методов управления промышленными предприятиями в начале XX в. связывают прежде всего с именами Фредерика Тейлора и Генри Гантта. Ф. Тейлор исследовал факторы, влияющие на производительность, и методы рациональной организации рабочего времени. На основе анализа тысяч экспериментов были сформулированы рекомендации по организации промышленного производства и по обучению кадров. Ф. Тейлор выдвинул идею узкой специализации, выделил планирование как важнейший элемент организации производства и считал, что производственным планированием должны заниматься профессиональные менеджеры.

Г. Гантт работал вместе с Ф. Тейлором над количественными методами организации производства. Один из методов наглядного упорядочения работ - диаграммы Г. Гантта - и сегодня считается одним из стандартов де-факто. Идея Г. Гантта состояла в том, что главным ресурсом планирования является время, а основой принятия управленческих решений - сравнение запланированного и фактического состояния работ. На диаграммах Г. Гантта по горизонтали обычно показывают интервалы времени, а по вертикали - работы, операции, оборудование, необходимые для разработки инноваций. Горизонтальные отрезки отражают длительность выполнения работ. Выбрав по горизонтальной оси текущий момент времени и получив оперативную информацию о ходе производства, можно сопоставить фактическое состояние дел и планировавшееся.

Все современные системы управления проектами и планирования создания инновационной продукции предлагают представление графиков работ в виде диаграмм Г. Гантта. В то же время диаграммы Г. Гантта имеют ряд очевидных недостатков. Например, с помощью диаграмм Г. Гантта неудобно планировать многовариантные взаимосвязанные цепочки работ (в строительных, военных, государственных проектах, производстве). Для таких

задач в военном ведомстве США в 1950-е гг. были предложены методы сетевого планирования, или методы выбора критического пути. Кроме того, диаграммы Г. Гантта удобно применять только для одного критического ресурса - времени. При необходимости учета еще нескольких ресурсов, например технологической оснастки, диаграммы Г. Гантта надо воспринимать как «объемные», приобретающие ряд измерений по числу учитываемых ресурсов. Это удобно для визуальной интерпретации планов, но затрудняет их анализ.

Работы Ф. Тейлора и Г. Гантта легли в основу научных дисциплин, возникших в середине XX в., - промышленной инженерии, занимающейся управлением и организацией производства, а также исследованием операций. С исследованием операций связаны работы по применению математических методов формализации человеческой деятельности, в том числе в производстве и планировании. Разработаны многие статистические и оптимизационные алгоритмы планирования, используемые в современных системах по управлению инновационными процессами [1]. Остановимся на некоторых из них.

Метод оценки и пересмотра программ (метод PERT)

Метод PERT позволяет определить *ожидаемую продолжительность* (ОП) работ проекта на основе трех вероятностных оценок времени:

- 1) оптимистическая оценка (ОО);
- 2) пессимистическая оценка (ПО);
- 3) наиболее вероятная оценка (НВО).

Для учета вероятностного характера оценок продолжительности работ можно использовать метод пересмотра и оценки программы (PERT).

Сетевой график PERT наиболее эффективен для моделирования больших проектов, в которых риск изменения длительности достаточно велик.



Рис. 1. Графическое представление распределения продолжительностей

Стандартное отклонение позволяет определить максимальную и минимальную ожидаемые продолжительности:

$$\text{Стандартное отклонение} = \frac{\text{Пессимистическая оценка} - \text{Оптимистическая оценка}}{6}$$

Это дает возможность менеджеру проекта построить несколько графиков выполнения проекта (рис. 2):

- оптимистический;
- наиболее вероятный;
- пессимистический;
- ожидаемый PERT.

Риски изменения состава или логической структуры работ в методе не учитываются.

Метод графической оценки и пересмотра программ (метод GERT)

Метод графической оценки и пересмотра программ (GERT) позволяет учесть риск изменения состава работ при наступлении определенных событий или по результатам выполнения предшествующих работ. В сетевой модели GERT могут создаваться точки ветвления или точки выбора, после которых планируются несколько независимых цепочек работ, не все из которых выполняются (рис. 3).

Метод GERT позволяет определить ожидаемую продолжительность (ОП) работ проекта на основе трех вероятностных оценок времени. Сетевая модель представляет собой вероятностную сеть, учитывающую возможность различного состава работ проекта.

Таким образом, можно учесть не только риски (неопределенность) на уровне отдельных работ, но и на уровне проекта в целом.

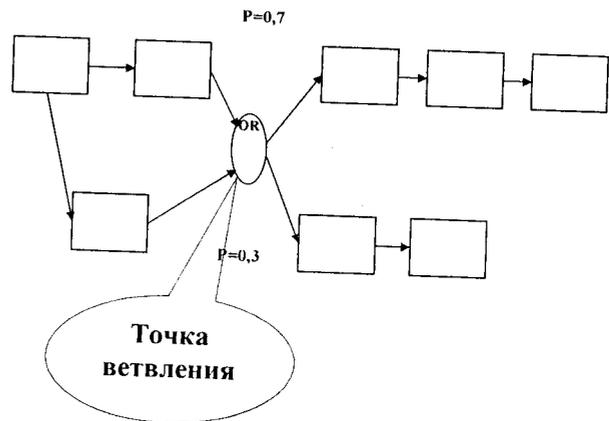


Рис. 3. Принципы реализации метода графической оценки и пересмотра программ

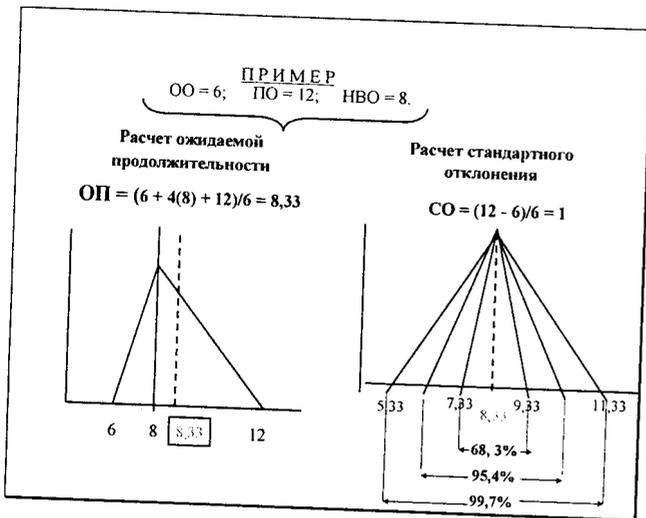


Рис. 2. Пример расчета и графического представления ожидаемой продолжительности и стандартного отклонения

Эксперты имеют возможность дать три оценки длительности работ, что позволяет в различной степени учесть риски, влияющие на их выполнение. Каждой оценке длительности назначаются весовые коэффициенты. Обычно используется формула (1). В результате рассчитывается средневзвешенная (наиболее ожидаемая оценка - НОО) продолжительность работы с агрегированным уровнем риска.

$$\text{НОО} = \frac{\text{ОО} + 4\text{НВО} + \text{ПО}}{6}$$

где ОО - оптимистическая оценка;
НВО - наиболее вероятная оценка;
ПО - пессимистическая оценка.

Данный метод позволяет рассчитать значение стандартного отклонения длительности и, соответственно, максимальную и минимальную ожидаемые продолжительности на уровне отдельных работ и всего проекта в целом (рис. 1).



Рис. 4. Основные типы распределения вероятности, используемые при анализе рисков

Учет рисков, влияющих на продолжительность работ, осуществляется так же, как и в методе PERT, т.е. по результатам вычисления средневзвешенной оценки продолжительности на базе трех оценок, выданных экспертами.

Результатом моделирования по методу GERT явятся несколько графиков, учитывающих вероятность различной продолжительности и неопределенность состава работ проекта.

Метод имитационного моделирования Монте-Карло

Методом формализованного описания неопределенности, используемым в наиболее сложных для прогнозирования проектах, является метод Монте-Карло. Он позволяет создать множество сценариев, согласованных с заданными ограничениями исходных переменных. Метод наиболее полно отражает всю гамму неопределенностей, с которой может столкнуться реальный проект, а через изначально заданные ограничения учитывает всю информацию, имеющуюся в распоряжении аналитика.

Риск - величина случайная, поэтому описывается функцией распределения случайной величины [2].

Определение формы распределения случайной величины - одна из самых сложных задач, решаемых при моделировании (рис. 4).

Для моделирования рисков природных и техногенных процессов также используют распределение Больцмана (экспоненциальное) и распределение Парето.

Для каждой категории рисков подбирается свой вид функции распределения, характеризующий частоту появления каждого значения переменной из области определения. Выбор производится на основе статистических данных или оценок экспертов.

После определения функции распределения применяется процедура моделирования Монте-Карло.

Проведение расчетных итераций является полностью компьютеризированной частью метода. Метод Монте-Карло – итерационный: чем больше число прогонов, тем выше точность получаемых результатов.

Метод Монте-Карло. При имитационных прогонах переменная выбирается случайным образом, в соответствии с типом распределения и в границах заданного диапазона.

Каждый прогон происходит с вероятностью:

$$P = 100 / N \text{ (размер выборки).}$$

Например, для 10 000 прогонов $P = 0,01\%$, тогда

$$\text{Вероятность} = PX,$$

где X – число прогонов с получением анализируемого результата;

P – вероятность одного прогона.

При анализе инвестиционных проектов наиболее часто рассчитывается вероятность получения отрицательного значения NPV .

При выборе ключевых факторов, т.е. переменных, которые в значительной степени влияют на проект, а следовательно, подлежат анализу, можно использовать результаты анализа чувствительности.

Второй сложнейшей задачей, решаемой при использовании метода Монте-Карло, является интерпретация полученных результатов.

Основным критерием принятия решения с учетом статистического анализа риска является следующий: следует выбирать проект с таким распределением вероятности исследуемого параметра, которое наилучшим образом соответствует отношению к риску конкретного инвестора (рис. 6).

Довольно интересный подход к моделированию рисков предлагается в новом методе критических цепочек, на котором хотелось бы остановиться более подробно.

Метод Монте-Карло

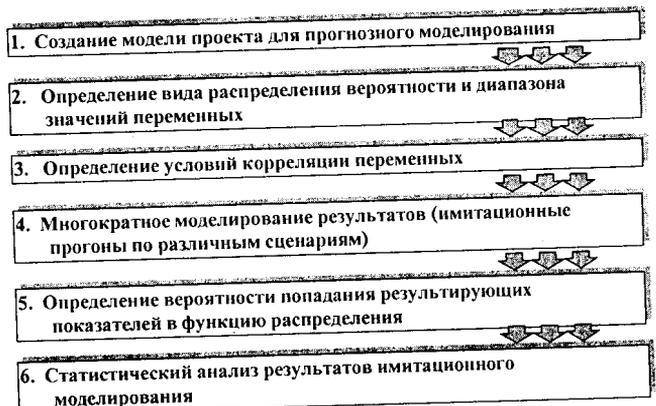


Рис. 5. Алгоритм метода Монте-Карло

Метод критических цепочек (CCPM)

Разработанный ученым Голдратом метод критических цепочек предполагает эскалацию управления рисками с уровня работ до уровня всего проекта, т.е. от исполнителей к менеджеру проекта [3].

Метод критического пути (МКП) предлагает менеджерам из различных областей гибкий инструмент составления календарного плана и анализа его выполнения.

МКП требует определенных входных данных. После их ввода производится процедура прямого и обратного прохода по сети и вычисляется выходная информация.

Для расчета календарного графика по МКП требуются следующие входные данные:

- комплекс задач;
- взаимосвязи между задачами;
- оценки продолжительности для каждой работы;
- календарь рабочего времени проекта (в наиболее общем случае возможно задание собственного календаря для каждой работы);
- календарная дата начала проекта. На стадиях разработки концепции и укрупненного планирования проекта это может быть практически скользящая дата. Любое ее изменение повлечет пересчет сроков выполнения каждой работы. Для процессов детального планирования даты начала подпроектов или групп работ определяются на основании укрупненных планов.

При наличии входных данных производится процедура прямого и обратного прохода по сети и вычисляется выходная информация (табл. 1). Прямой проход начинается с начальной даты проекта и продолжается по сети, при этом для каждой задачи сети к начальному сроку прибавляется ее продолжительность и вычисляются раннее начало и раннее окончание этой задачи. Самыми ранними возможными датами для задачи являются ее начало и конец, допустимые исходя из логической последовательности сети. Обратный проход использует в качестве исходной точки конечную дату расписания, вычисленную путем прямого прохода, и проводится обратный расчет для определения поздних дат начала и окончания задач. Поздними датами задачи являются ее самые поздние допустимые начало и конец, не влекущие задержки выполнения всего про-

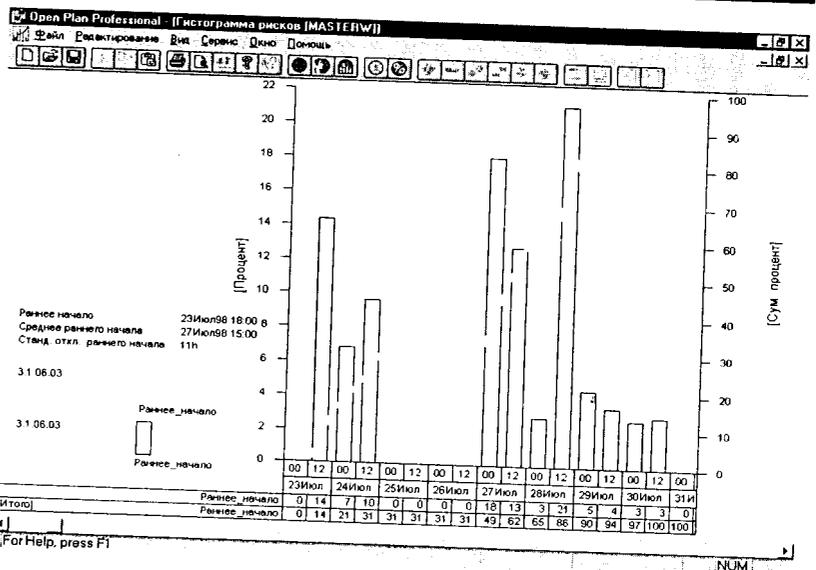


Рис. 6. Результаты анализа риска изменения продолжительности проекта по методу Монте-Карло представлены в системе календарного планирования Open Plan Professional

екта. Кроме того, на основании рассчитанных ранних и поздних дат начала задач определяются величины временных резервов для каждой задачи.

Наиболее значимым из всех резервов является *полный резерв*. Он представляет собой время, на которое может быть увеличена продолжительность задачи без задержки планового срока завершения проекта. *Свободный резерв* показывает время, на которое может быть задержано выполнение задачи без ущерба для полного резерва последующих задач сети.

В результате вычислений по МКП менеджер проекта получает следующие данные:

- общую продолжительность проекта и календарную дату его окончания. Для выявления командой приемлемых результатов с точки зрения целей возможно проведение дальнейших исследований по сценарию «что если»;
- комплекс задач, лежащих на критическом пути. Любая задержка таких задач приведет к задержке общей даты выполнения проекта. Все критические задачи имеют резерв времени, равный нулю, что означает, что их ранние и поздние сроки выполнения совпадают;
- ранние и поздние календарные даты начала и конца для каждой задачи.

Таблица 1 обобщает входные и выходные данные для выполнения прямого и обратного прохода по МКП.

Анализ по МКП не требует установки жестких дат начала для работ, не лежащих на критическом пути. В отличие от критических работ они могут быть запланированы на любое время между их ранними и поздними датами.

Таблица 1

Входные и выходные данные для выполнения расчета по МКП

| Тип данных | Прямой проход | Обратный проход |
|------------------------|---|--|
| | Входные данные | Работы. Предшественники |
| Продолжительности | | Продолжительности |
| Начальная дата проекта | | Конечная дата проекта |
| Выходные данные | Ранние даты начала и окончания для всех работ | Поздние даты начала и окончания для всех работ |
| | Дата окончания проекта | Позднейшая дата начала проекта |
| | | Величина резерва для всех работ |
| | | Критические работы (величина временного резерва равна 0) |

В реальной жизни наиболее распространенным подходом к планированию сроков начала работы является подход «как можно раньше». Основная задача менеджера, как правило, состоит в том, чтобы выполнить проект в кратчайшие сроки и, следовательно, он будет стремиться выполнить составляющие его задачи как можно раньше. Однако бывают ситуации, когда некоторые работы выгодно перенести на более поздние сроки, например задачи типа «платежи». В данном случае применяется тип планирования «как можно позже». Начало задачи типа КМП будет перенесено на возможно более поздний срок так, чтобы она завершилась непосредственно перед началом ближайшей следующей задачи.

С использованием компьютерных средств расчет по МКП проводится за секунды. Однако для правильного использования расчетных данных на практике необходимо проанализировать полученные результаты. Несколько вопросов могут помочь получить полезную информацию.

- Совпадает ли полученная конечная дата с ожидаемой? Приемлемо ли это с точки зрения целей проекта?
- Какие работы являются критическими? Совпадают ли они с теми, которые предполагались предварительно членами команды?
- Какие из некритических работ имеют наименьший общий резерв? Какова вероятность или риск того, что эти работы станут критическими и будут задерживать дату завершения?
- Какие работы имеют достаточный общий резерв? Существует ли возможность перераспределения их ресурсов на критические задачи?
- Какие календарные даты могут быть зафиксированы в графике проекта и действительно ли

они соответствуют реальным намерениям руководства и плану по вехам?

Для ответа на эти и другие вопросы, которые возникают при анализе полученных по МКП данных, необходимо разработать эффективные отчеты как для внутреннего анализа, так и для представления результатов другим членам команды, руководству и заказчику.

Информация, получаемая вычислениями по МКП, обычно представляется в табличной форме (табл. 2).

Такой формат отчета по планированию графика работ дает возможность быстрого просмотра основных результатов анализа по МКП. Большинство из средств автоматизированных инструментов по планированию имеет гибкие режимы отбора и сортировки, с помощью которых можно создать различные типы отчетов, из которых разработчик плана выбирает наиболее значимые и эффективные для представления различным потребителям.

Для многих проектов уже на стадии временного анализа выясняется, что в поставленные директивные сроки проект выполнить будет очень сложно. Для получения приемлемых с точки зрения целей проекта сроков возможно проведение дальнейшей коррекции расписания по сценарию «что если...». Если расписание не укладывается в директивные сроки, то можно попытаться сократить сроки выполнения отдельных задач или изменить связи (ввести, например, где это возможно, связи с перекрытиями).

Метод базируется на нескольких предположениях, которые весьма разумны, но никак научно не обоснованы и признаны не всеми профессионалами в области управления проектами [1, 4, 5].

Таблица 2

Представление расчета по МКП

| Проект: | | | | Начало проекта | | | |
|--------------|----------|-------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|
| Дата анализа | | | | Окончание проекта | | | |
| Работа | Описание | Продолжительность | Раннее начало | Раннее окончание | Позднее начало | Позднее окончание | Общий резерв |

Метод содержит определенную последовательность шагов:

Шаг 1. В разработанном расписании проекта выделяется критическая цепочка работ по методу критического пути.

Шаг 2. Найденная критическая цепочка работ модифицируется с учетом доступности и наличия ресурсов (рис. 7, 8).

Шаг 3. Уменьшение длительностей работ, представленных менеджеру проекта исполнителями, на одну треть.

Величина, на которую уменьшается длительность работ, научно не обоснована и носит эмпирический характер. Она базируется на предположении, что из всех возможных оценок длительности работы:

- оптимистической;
- пессимистической;
- наиболее вероятной

– исполнитель назовет именно пессимистическую, скрыв, таким образом, существующий у работы резерв времени, который, по утверждению автора метода, может достигать 50% всей продолжительности работы (рис. 9) [3].

Исполнитель поступит так, потому что зачастую он работает не в одном, а в нескольких проек-

тах. Поэтому он даст оценку длительности с учетом своих работ на других проектах.

Во-вторых, исполнитель захочет подстраховаться и учтет абсолютно все возможные риски, которые могут произойти на работе. Голдрат утверждает, что подобное управление рисками на уровне отдельных работ недостаточно эффективно. Гораздо эффективнее управлять ими на уровне всего проекта, создав из буферов критических работ общий буфер всего проекта (рис. 10).

Другое предположение заключается в том, что учтя все риски работы, исполнитель способен все равно сорвать срок выполнения по причине неравномерного распределения во времени усилий, прикладываемых к выполнению работы.

Сначала в силу вступит так называемый «синдром студента», т.е. работа будет откладываться до самого крайнего срока. Исполнитель обратит на нее внимание только за самый короткий, оптимистический срок до контрольной даты.

А здесь уже заработает Закон Мерфи, - произойдут некоторые риски, которые не позволят закончить работу за оптимистический срок (рис. 11).

Шаг 4. Создание расписания с учетом вырезанных длительностей работ и формирование

Метод критических цепочек

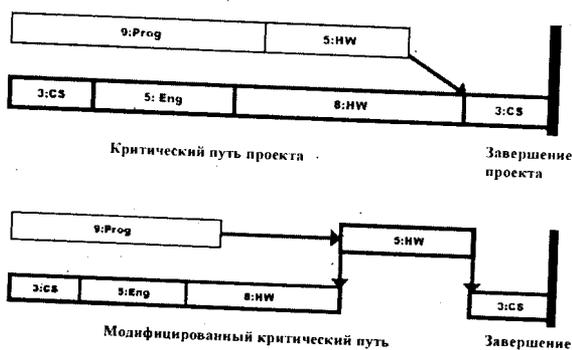


Рис. 7. Метод критических цепочек

Метод критических цепочек

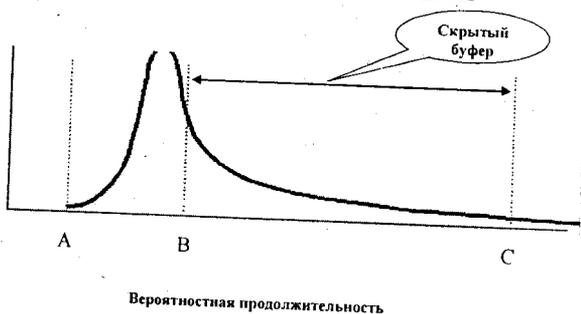


Рис. 8. Метод критических цепочек

Метод критических цепочек

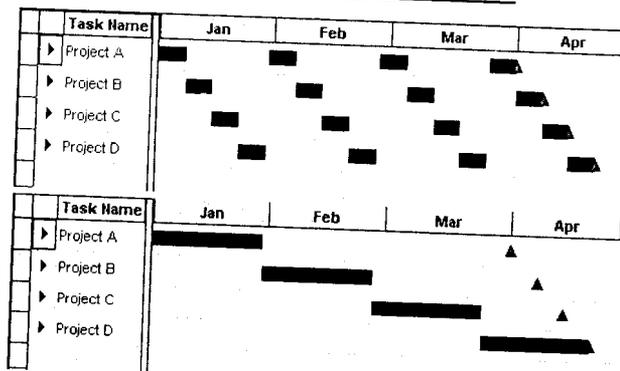
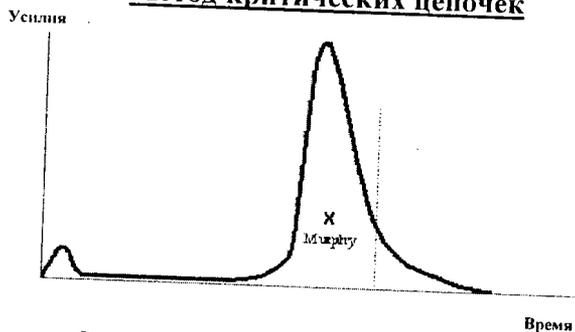


Рис. 9. Метод критических цепочек

Метод критических цепочек



«Синдром студента»
Рис. 10. Метод критических цепочек

Метод критических цепочек

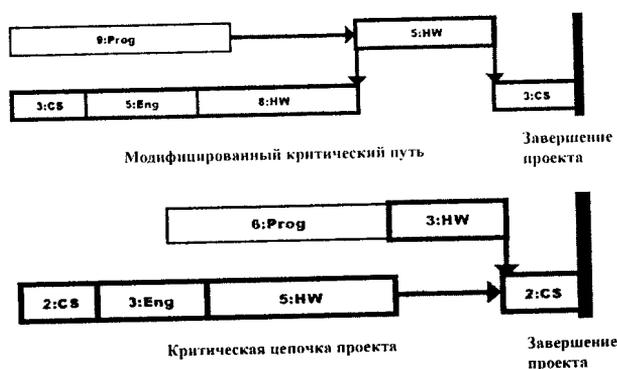


Рис. 11. Метод критических цепочек

Метод критических цепочек

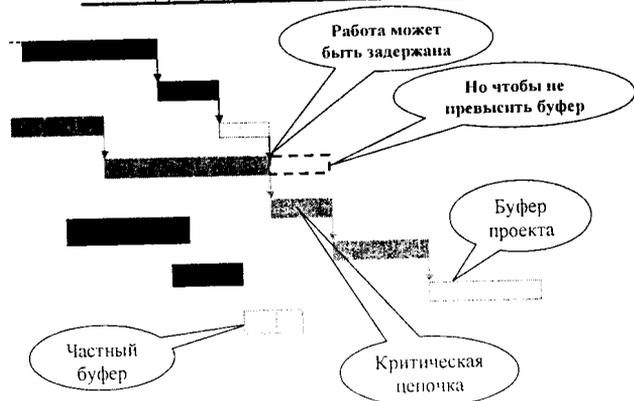


Рис. 12. Метод критических цепочек

нового критического пути - критической цепочки (рис. 12).

При этом менеджер проекта не отказывается от получаемых резервов времени при уменьшении длительностей работ.

Шаг 5. Формирование буфера проекта из буферов работ критической цепочки и частных буферов из буферов работ, не лежащих на критической цепочке.

Принцип формирования буферов предполагает наличие в проекте нескольких цепочек работ, которые могут выполняться параллельно, а также объединяться вместе. Однако многие проекты имеют более сложную логическую структуру работ, в которой у одной работы может быть несколько последователей и предшественников из разных цепочек работ. В этом случае достаточно проблематично определение размера частного буфера в цепочке, содержащей эту работу (рис. 13).

Определение размера буфера базируется исключительно на предположениях и личном опыте менеджера проекта. Научного обоснования этому пока не найдено.

Метод критических цепочек

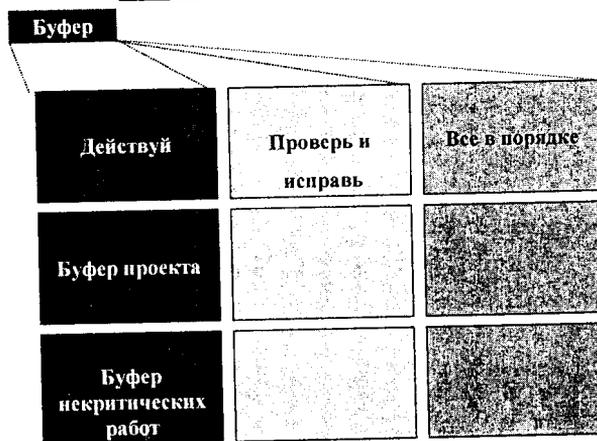


Рис. 13. Метод критических цепочек

Шаг 6. Управление буферами.

При дальнейшем контроле проекта менеджер осуществляет мониторинг расходования буфера.

В зависимости от степени расходования буфера менеджер принимает различные управленческие решения, уделяя максимум внимания работам, принадлежащим цепочке с наивысшей скоростью расходования буфера. Однако при таком подходе игнорируются другие важные критерии, например стратегия проекта или финансовый результат.

Литература

1. Система разработки и постановки продукции на производстве. Порядок выполнения научно-исследовательских работ (Международный стандарт). ГОСТ 15.101-98. - Минск, 2000.
2. Рекомендации по отражению вопросов интеллектуальной собственности в соглашениях о научно-техническом сотрудничестве и договорах подряда между российскими и зарубежными (за исключением стран СНГ) организациями (институтами, центрами, лабораториями) // Поиск. - 1996. - № 8. - С. 4 - 5.
3. Научный потенциал вузов и научных организаций Госкомвуза России. Статистический сборник. 1999. - М.: Северо-Западный научный методический центр, 2000.
4. Порядок формирования, финансирования и выполнения инновационных научно-технических программ и проектов (Нормативно-методические материалы), - Изд. 2-е, перераб. Утвержден приказом Госкомвуза России № 1717 от 28.12.1995. - М., 1996.
5. Методические рекомендации по организации и проведению рационализаторской работы на предприятиях Российской Федерации // Патенты и лицензии. - 1996. - № 10. - С. 39 - 40.