**Международный университет природы, общества и человека  
«Дубна»**

Кафедра системного анализа и управления

Реферат по дисциплине

**«Разработка управленческих решений»**

на тему:

**«Сетевое управление  
и планирование»**

Выполнил: студент  
Шадров К.Н., гр. 4111

Проверил:  
Бугров А.Н.

**Дубна, 2003**

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc64727386)

[История сетевого планирования и управления 4](#_Toc64727387)

[Сущность и назначение сетевого планирования и управления 6](#_Toc64727388)

[Основные элементы сетевого планирования и управления 7](#_Toc64727389)

[Порядок и правила построения сетевых графиков 9](#_Toc64727390)

[Упорядочение сетевого графика 11](#_Toc64727391)

[Понятие о пути 13](#_Toc64727392)

[Временные параметры сетевых графиков 14](#_Toc64727393)

[Анализ и оптимизация сетевого графика 19](#_Toc64727394)

[Построение сетевого графика в масштабе времени 22](#_Toc64727395)

[Заключение 24](#_Toc64727396)

[Используемые источники 25](#_Toc64727397)

# Введение

*Актуальность* данной работы обусловлена необходимостью грамотного управления крупными народнохозяйственными комплексами и проектами, научными исследованиями, конструкторской и технологической подготовкой производства, новых видов изделий, строительством и реконструкцией, капитальным ремонтом основных фондов путём применения сетевых моделей.

*Цель* работы — описать и усвоить, что, в общем, представляет собой сетевое планирование и управление (СПУ).

Для достижения поставленной цели следует решить следующие *задачи*:

* осветить историю СПУ,
* показать, в чём состоит сущность и назначение СПУ,
* дать определение основным элементам СПУ,
* указать правила построения и упорядочения сетевых графиков,
* описать временные показатели СПУ,
* дать правила оптимизации сетевого графика,
* показать построение сетевого графика в масштабе времени.

# История сетевого планирования и управления

Методики сетевого планирования были разработаны в конце 50-х годов в США. В 1956 г. М. Уолкер из фирмы «Дюпон», исследуя возможности более эффективного использования принадлежащей фирме вычислительной машины Univac, объединил свои усилия с Д. Келли из группы планирования капитального строительства фирмы «Ремингтон Рэнд». Они попытались использовать ЭВМ для составления планов-графиков крупных комплексов работ по модернизации заводов фирмы «Дюпон». В результате был создан рациональный и простой метод описания проекта с использованием ЭВМ. Первоначально он был назван методом Уолкера-Келли, а позже получил название *метода критического пути* — МКП (или CPM — Critical Path Method).

Параллельно и независимо в военно-морских силах США был создан метод анализа и оценки программ PERT (Program Evaluation and Review Technique). Данный метод был разработан корпорацией «Локхид» и консалтинговой фирмой «Буз, Аллен энд Гамильтон» для реализации проекта разработки ракетной системы «Поларис», объединяющего около 3800 основных подрядчиков и состоящего из 60 тыс. операций. Использование метода PERT позволило руководству программы точно знать, что требуется делать в каждый момент времени и кто именно должен это делать, а также вероятность своевременного завершения отдельных операций. Руководство программой оказалось настолько успешным, что проект удалось завершить на два года раньше запланированного срока. Благодаря такому успешному началу данный метод управления вскоре стал использоваться для планирования проектов во всех вооруженных силах США. Методика отлично себя зарекомендовала при координации работ, выполняемых различными подрядчиками в рамках крупных проектов по разработке новых видов вооружения.

Крупные промышленные корпорации начали применение подобной методики управления практически одновременно с военными для разработки новых видов продукции и модернизации производства. Широкое применение методика планирования работ на основе проекта получила в строительстве. Например, для управления проектом сооружения гидроэлектростанции на реке Черчилль в Ньюфаундленде (полуостров Лабрадор). Стоимость проекта составила 950 млн. долларов. Гидроэлектростанция строилась с 1967 по 1976 г. Этот проект включал более 100 строительных контрактов, причем стоимость некоторых из них достигала 76 млн. долларов. В 1974 году ход работ по проекту опережал расписание на 18 месяцев и укладывался в плановую оценку затрат. Заказчиком проекта была корпорация Churchill Falls Labrador Corp., которая для разработки проекта и управления строительством наняла фирму Acress Canadian Betchel.

По существу, значительный выигрыш по времени образовался от применения точных математических методов в управлении сложными комплексами работ, что стало возможным благодаря развитию вычислительной техники. Однако первые ЭВМ были дороги и доступны только крупным организациям. Таким образом, исторически первые проекты представляли из себя грандиозные по масштабам работ, количеству исполнителей и капиталовложениям государственные программы.

Первоначально, крупные компании осуществляли разработку программного обеспечения для поддержки собственных проектов, но вскоре первые системы управления проектами появились и на рынке программного обеспечения. Системы, стоявшие у истоков планирования, разрабатывались для мощных больших компьютеров и сетей мини-ЭВМ.

Основными показателями систем этого класса являлись их высокая мощность и, в то же время, способность достаточно детально описывать проекты, используя сложные методы сетевого планирования. Эти системы были ориентированы на высокопрофессиональных менеджеров, управляющих разработкой крупнейших проектов, хорошо знакомых с алгоритмами сетевого планирования и специфической терминологией. Как правило, разработка проекта и консультации по управлению проектом осуществлялись специальными консалтинговыми фирмами.

Этап наиболее бурного развития систем для управления проектами начался с появлением персональных компьютеров, когда компьютер стал рабочим инструментом для широкого круга руководителей. Значительное расширение круга пользователей управленческих систем породило потребность создания систем для управления проектами нового типа, одним из важнейших показателей таких систем являлась простота использования. Управленческие системы нового поколения разрабатывались как средство управления проектом, понятное любому менеджеру, не требующее специальной подготовки и обеспечивающее лёгкое и быстрое включение в работу. Time Line принадлежит именно к этому классу систем. Разработчики новых версий систем этого класса, стараясь сохранить внешнюю простоту систем, неизменно расширяли их функциональные возможности и мощность, и при этом сохраняли низкие цены, делавшие системы доступными фирмам практически любого уровня.

В настоящее время сложились глубокие традиции использования систем управления проектами во многих областях жизнедеятельности. Причем, основную долю среди планируемых проектов составляют небольшие по размерам проекты. Например, исследования, проведенные еженедельником InfoWorld, показали, что пятидесяти процентам пользователей в США требуются системы, позволяющие поддерживать планы, состоящие из 500-1 000 работ и только 28 процентов пользователей разрабатывают расписания, содержащие более 1 000 работ. Что касается ресурсов, то 38 процентам пользователей приходится управлять 50-100 видами ресурсов в рамках проекта, и только 28 процентам пользователей требуется контролировать более чем 100 видов ресурсов. В результате исследований были определены также средние размеры расписаний проектов: для малых проектов — 81 работа и 14 видов ресурсов, для средних — 417 работ и 47 видов ресурсов, для крупных проектов — 1 198 работ и 165 видов ресурсов. Данные цифры могут служить отправной точкой для менеджера, обдумывающего полезность перехода на проектную форму управления деятельностью собственной организации. Как видим, применение системы управления проектами на практике может быть эффективным и для очень небольших проектов.

Естественно, что с расширением круга пользователей систем проектного менеджмента происходит расширение методов и приемов их использования. Западные отраслевые журналы регулярно публикуют статьи, посвященные системам для управления проектами, включающие советы пользователям таких систем и анализ использования методики сетевого планирования для решения задач в различных сферах управления.

В России работы по сетевому управлению начались в 60-х годах. Тогда методы СПУ нашли применение в строительстве и научных разработках. В дальнейшем сетевые методы стали широко применяться и в других областях народного хозяйства.

# Сущность и назначение сетевого планирования и управления

Чем сложнее и больше планируемая работа или проект, тем сложнее задачи оперативного планирования, контроля и управления. В этих условиях применение календарного графи­ка не всегда может быть достаточно удовлет­ворительным, особенно для крупного и сложного объекта, посколь­ку не позволяет обоснованно и оперативно планировать, выбирать оптимальный вариант продолжительности выпол­нения работ, использовать резервы и корректировать график в хо­де деятельности.

Перечисленные недостатки линейного календарного графика в значительной мере устраняются при использовании системы се­тевых моделей, которые позволяют анализировать график, выяв­лять резервы и использовать электронно-вычислительную технику. Применение сетевых моделей обеспечивает продуманную деталь­ную организацию работ, создает условия для эффек­тивного руководства.

Весь процесс находит отражение в графической модели, называемой сетевым графиком. В сетевом графике учи­тываются все работы от проектирования до ввода в действие, оп­ределяются наиболее важные, критические работы, от выполне­ния которых зависит срок окончания проекта. В процессе деятельности появляется возможность корректировать план, вно­сить изменения, обеспечивать непрерывность в оперативном пла­нировании. Существующие методы анализа сетевого графика поз­воляют оценить степень влияния вносимых изменений на ход осу­ществления программы, прогнозировать состояние работ на будущее. Сетевой график точно указывает на работы, от которых за­висит срок выполнения программы.

# Основные элементы сетевого планирования и управления

*Сетевое планирование и управление* — это совокупность расчётных методов, организационных и контрольных мероприятий по планированию и управлению комплексом работ с помощью сетевого графика (сетевой модели).

Под *комплексом работ* мы будем понимать всякую задачу, для выполнения которой необходимо осуществить достаточно большое количество разнообразных работ.

Для того чтобы составить план работ по осуществлению больших и сложных проектов, состоящих из тысяч отдельных исследований и операций, необходимо описать его с помощью некоторой математической модели. Таким средством описания проектов является сетевая модель.

*Сетевая модель* — это план выполнения некоторого комплекса взаимосвязанных работ, заданного в форме сети, графическое изображение которой называется *сетевым графиком*.

Главными элементами сетевой модели являются *работы* и *события*.

Термин работа в СПУ имеет несколько значений. Во-первых, это *действительная работа* — протяжённый во времени процесс, требующий затрат ресурсов (например, сборка изделия, испытание прибора и т.п.). Каждая действительная работа должна быть конкретной, чётко описанной и иметь ответственного исполнителя.

Во-вторых, это *ожидание* — протяжённый во времени процесс, не требующий затрат труда (например, процесс сушки после покраски, старения металла, твердения бетона и т.п.).

В-третьих, это *зависимость*, или *фиктивная работа* — логическая связь между двумя или несколькими работами (событиями), не требующими затрат труда, материальных ресурсов или времени. Она указывает, что возможность одной работы непосредственно зависит от результатов другой. Естественно, что продолжительность фиктивной работы принимается равной нулю.

*Событие — это момент завершения какого-либо процесса, отражающий отдельный этап выполнения проекта*. Событие может являться частным результатом отдельной работы или суммарным результатом нескольких работ. Событие может свершиться только тогда, когда закончатся всё работы, ему предшествующие. Последующие работы могут начаться только тогда, когда событие свершится. Отсюда *двойственный характер события*: для всех непосредственно предшествующих ему работ оно является конечным, а для всех непосредственно следующих за ним — начальным. При этом предполагается, что событие не имеет продолжительности и свершается как бы мгновенно. Поэтому каждое событие, включаемое в сетевую модель, должно быть полно, точно и всесторонне определено, его формулировка должна включать в себя результат всех непосредственно предшествующих ему работ.

*Рисунок 1. Основные элементы сетевой модели*

Зависимость

Событие

Событие

Действительная работа

При составлении сетевых графиков (моделей) используют условные обозначения. События на сетевом графике (или, как ещё говорят, *на графе*) изображаются кружками (вершинами графа), а работы — стрелками (ориентированными дугами):

* — событие,

— работа (процесс),

— фиктивная работа — применяется для упрощения сетевых графиков (продолжительность всегда равна 0).

Среди событий сетевой модели выделяют исходное и завершающее события. Исходное событие не имеет предшествующих работ и событий, относящихся к представленному в модели комплексу работ. Завершающее событие не имеет последующих работ и событий.

Существует и иной принцип построения сетей — без событий. В такой сети вершины графа означают определённые работы, а стрелки — зависимости между работами, определяющие порядок их выполнения. Сетевой график «работы–связи» в отличие от графика «события–работы» обладает известными преимуществами: не содержит фиктивных работ, имеет более простую технику построения и перестройки, включает только хорошо знакомое исполнителям понятие работы без менее привычного понятия события.

Вместе с тем сети без событий оказываются значительно более громоздкими, так как событий обычно значительно меньше, чем работ (*показатель сложности сети*, равный отношению числа работ к числу событий, как правило, существенно больше единицы). Поэтому эти сети менее эффективны с точки зрения управления комплексом. Этим и объясняется тот факт, что в настоящее время наибольшее распространения получили сетевые графики «события–работы».

Если в сетевой модели нет числовых оценок, то такая сеть называется *структурной*. Однако на практике чаще всего используют сети, в которых заданы оценки продолжительности работ, а также оценки других параметров, например трудоёмкости, стоимости и т.п.

# Порядок и правила построения сетевых графиков

Сетевые графики составляются на начальном этапе планирования. Вначале планируемый процесс разбивается на отдельные работы, составляется перечень работ и событий, продумываются их логические связи и последовательность выполнения, работы закрепляются за ответственными исполнителями. С их помощью и с помощью нормативов, если таковые существуют, оценивается продолжительность каждой работы. Затем составляется (*сшивается*) сетевой график. После упорядочения сетевого графика рассчитываются параметры событий и работ, определяются резервы времени и *критический путь*. Наконец, проводятся анализ и оптимизация сетевого графика, который при необходимости вычерчивается заново с пересчётом параметров событий и работ.

При построении сетевого графика необходимо соблюдать ряд правил.

1. *В сетевой модели не должно быть «тупиковых» событий, то есть событий, из которых не выходит ни одна работа, за исключением завершающего события*. Здесь либо работа не нужна и её необходимо аннулировать, либо не замечена необходимость определённой работы, следующей за событием для свершения какого-либо последующего события. В таких случаях необходимо тщательное изучение взаимосвязей событий и работ для исправления возникшего недоразумения.
2. *В сетевом графике не должно быть «хвостовых» событий (кроме исходного), которым не предшествует хотя бы одна работа*. Обнаружив в сети такие события, необходимо определить исполнителей предшествующих им работ и включить эти работы в сеть.
3. *В сети не должно быть замкнутых контуров и петель, то есть путей, соединяющих некоторые события с ними же самими*. При возникновении контура (а в сложных сетях, то есть в сетях с высоким показателем сложности, это встречается довольно часто и обнаруживается лишь при помощи ЭВМ) необходимо вернуться к исходным данным и путём пересмотра состава работ добиться его устранения.
4. *Любые два события должны быть непосредственно связаны не более чем одной работой-стрелкой*. Нарушение этого условия происходит при изображении параллельно выполняемых работ. Если эти работы так и оставить, то произойдёт путаница из-за того, что две различные работы будут иметь одно и то же обозначение. Однако содержание этих работ, состав привлекаемых исполнителей и количество затрачиваемых на работы ресурсов могут существенно отличаться.

В этом случае рекомендуется ввести *фиктивное событие* и *фиктивную работу*, при этом одна из параллельных работ замыкается на это фиктивное событие. Фиктивные работы изображаются на графике пунктирными линиями.

1. *В сети рекомендуется иметь одно исходное и одно завершающее событие*. Если в составленной сети это не так, то добиться желаемого можно путём введения фиктивных событий и работ.

*Рисунок 2. Примеры введения фиктивных событий*

С

А

Б

Ф

Б

С

А

Д

а

б

Фиктивные работы и события необходимо вводить в ряде других случаев. Один из них — отражение зависимости событий, не связанных с реальными работами. Например, работы А и Б (рисунок 2, а) могут выполняться независимо друг от друга, но по условиям производства работа Б не может начаться раньше, чем окончится работа А. Это обстоятельство требует введения фиктивной работы С.

Другой случай — неполная зависимость работ. Например работа С требует для своего начала завершения работ А и Б, на работа Д связана только с работой Б, а от работы А не зависит. Тогда требуется введение фиктивной работы Ф и фиктивного события 3’, как показано на рисунке 2, б.

Кроме того, фиктивные работы могут вводиться для отражения реальных отсрочек и ожидания. В отличие от предыдущих случаев здесь фиктивная работа характеризуется протяжённостью во времени.

Если сеть имеет одну конечную цель, то программа называется одноцелевой. Сетевой график, имеющий несколько завершающих событий, называется многоцелевым и расчет ведется относительно каждой конечной цели. Примером может быть строительство жилого микрорайона, где ввод каждого дома является конечным результатом, и в графике по возведению каждого дома определяется свой критический путь.

# Упорядочение сетевого графика

Предположим, что при составлении некоторого проекта выделено 12 событий: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 24 связывающие их работы: (0, 1), (0, 2), (0, 3), (1, 2), (1, 4), (1, 5), (2, 3), (2, 5), (2, 7), (3, 6), (3, 7), (3, 10), (4, 8), (5, 8), (5, 7), (6, 10), (7, 6), (7, 8), (7, 9), (7, 10), (8, 9), (9, 11), (10, 9), (10, 11). Составили исходный сетевой график 1.

*Упорядочение сетевого графика заключается в таком расположении событий и работ, при котором для любой работы предшествующее ей событие расположено левее и имеет меньший номер по сравнению с завершающим эту работу событием*. Другими словами, в упорядоченном сетевом графике все работы-стрелки направлены слева направо: от событий с меньшими номерами к событиям с большими номерами.

Разобьём исходный сетевой график на несколько вертикальных слоёв (обводим их пунктирными линиями и обозначаем римскими цифрами).

Поместив в I слое начальное событие 0, мысленно вычеркнем из графика это событие и все выходящие из него работы-стрелки. Тогда без входящих стрелок останется событие 1, образующее II слой. Вычеркнув мысленно событие 1 и все выходящие из него работы, увидим, что без входящих стрелок остаются события 4 и 2, которые образуют III слой. Продолжая этот процесс, получим сетевой график 2.

*Сетевой график 1. Неупорядоченный сетевой график*

*Сетевой график 2. Упорядочение сетевого графика с помощью слоёв*

**II**

**IV**

**V**

**VI**

**VII**

**VIII**

**IX**

**III**

**I**

Теперь видим, что первоначальная нумерация событий не совсем правильная: так, событие 6 лежит в VI слое и имеет номер, меньший, чем событие 7 из предыдущего слоя. То же можно сказать о событиях 9 и 10.

*Сетевой график 3. Упорядоченный сетевой график*

Изменим нумерацию событий в соответствии с их расположением на графике и получим упорядоченный сетевой график 3. Следует заметить, что нумерация событий, расположенных в одном вертикальном слое, принципиального значения не имеет, так что нумерация одного и того же сетевого графика может быть неоднозначной.

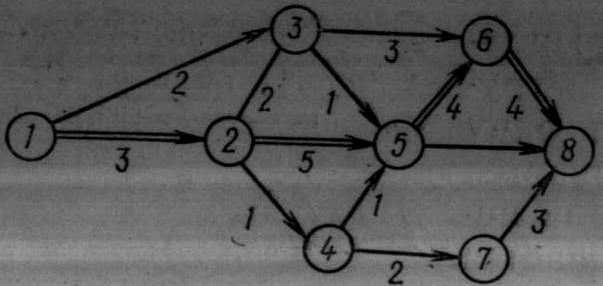
# Понятие о пути

Одно из важнейших понятий сетевого графика — понятие пути. *Путь — любая последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы*. Среди различных путей сетевого графика наибольший интерес представляет *полный путь* — любой путь, начало которого совпадает с исходным событием сети, а конец — с завершающим.

Наиболее продолжительный полный путь в сетевом графике называется *критическим*. Критическими называются также работы и события, находящиеся на этом пути.

На сетевом графике 4 критический путь проходит через работы (1;2), (2;5), (5;6), (6;8) и равен 16. Это означает, что все работы будут закончены за 16 единиц времени. Критический путь имеет особое значение в системе СПУ, так как работы этого пути определят общий цикл завершения всего комплекса работ, планируемых при помощи сетевого графика. Зная дату начала работ и продолжительность критического пути, можно установить дату окончания всей программы. Любое увеличение продолжительно­сти работ, находящихся на критическом пути, задержит выполнение программы.

*Сетевой график 4. Критический путь*



На стадии управления и контроля над ходом вы­полнения программы основное внимание уделяется работам, находящимся на критическом пути или в силу отставания попавшим на критический путь. Для сокращения продолжительности проекта необходимо в первую очередь сокращать продолжительность работ, лежащих на критическом пути.

# Временные параметры сетевых графиков

*Ранний (или ожидаемый) срок свершения события* определяется продолжительностью максимального пути, предшествующего этому событию.

Задержка свершения события по отношению к своему раннему сроку не отразится на сроке свершения завершающего события (а значит, и на сроке выполнения комплекса работ) то тех пор, пока сумма срока свершения этого события и продолжительности (длины) максимального из последующих за ним путей не превысит длины критического пути.

Поэтому *поздний (или предельный) срок свершения события* равен разности максимального времени наступления последующего за работой события и времени работы до этого (будущего) события.

*Резерв времени события* определяется как разность между поздним и ранним сроками его свершения.

Резерв времени события показывает, на какой допустимый период времени можно задержать наступление этого события, не вызывая при этом увеличения срока выполнения комплекса работ.

Критические события резервов времени не имею, так как любая задержка в свершении события, лежащего на критическом пути, вызовет такую же задержку в свершении завершающего события.

Из этого следует, что для того, чтобы определить длину и топологию критического пути, вовсе не обязательно перебирать все полные пути сетевого графика и определять их длины. Определив ранний срок наступления завершающего события сети, мы тем самым определяем длину критического пути, а, выявив события с нулевыми резервами времени, определяем его топологию.

Если сетевой график имеет единственный критический путь, то этот путь проходит через все критические события, то есть события с нулевыми резервами времени. Если критических путей несколько, то выявление их с помощью критических событий может быть затруднено, так как через часть критических событий могут проходить как критические, так и некритические пути. В этом случае для определения критических путей рекомендуется использовать *критические работы*.

Отдельная работа может начаться (и окончиться) в ранние, поздние или другие промежуточные сроки. В дальнейшем при оптимизации графика возможно любое размещение работы в заданном интервале, называемом *продолжительностью работы*.

Очевидно, что *ранний срок начала работы* совпадает с ранним сроком наступления предшествующего события.

*Ранний срок окончания работы* совпадает с ранним сроком свершения последующего события.

*Поздний срок начала работы* совпадает с поздним сроком наступления предшествующего события.

*Поздний срок окончания работы* совпадает с поздним сроком наступления последующего события.

Таким образом, в рамках сетевой модели моменты начала и окончания работы тесно связаны с соседними событиями соответствующими ограничениями.

Если путь не критический, то он имеет *резерв времени*, определяемый как разность между длиной критического пути и рассматриваемого. Он показывает, на сколько в сумме могут быть увеличены продолжительности всех работ, принадлежащих этому пути. Отсюда можно сделать вывод, что любая из работ пути на его участке, не совпадающем с критическим путём (замкнутым между двумя событиями критического пути), обладает резервом времени.

Среди резервов времени работ выделяют четыре разновидности.

*Полный резерв времени* работы показывает, на сколько можно увеличить время выполнения данной работы при условии, что срок выполнения комплекса работ не изменится.

Полный резерв времени работы равен резерву максимального из путей, проходящего через данную работу. Этим резервом можно располагать при выполнении данной работы, если её начальное событие свершится в самый ранний срок, и можно допустить свершение конечного события в его самый поздний срок.

Важным свойством полного резерва времени работы является то, что он принадлежит не только этой работе, но и всем полным путям, проходящим через неё. При использовании полного резерва времени только для одной работы резервы времени остальных работ, лежащих на максимальном пути, проходящем через неё, будут полностью исчерпаны. Резервы времени работ, лежащих на других (немаксимальных по длительности) путях, проходящих через эту работу, сократятся соответственно на величину использованного резерва.

Остальные резервы времени работы являются частями её полного резерва.

*Частный резерв времени первого вида* есть часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив при этом позднего срока её начального события. Этим резервом можно располагать при выполнении данной работы в предположении, что её начальное и конечное события свершаются в свои самые поздние сроки.

*Частный резерв времени второго вида*, или *свободный резерв времени* работы представляет часть полного резерва времени, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив при этом раннего срока её конечного события. Этим резервом можно располагать при выполнении данной работы в предположении, что её начальное и конечное события свершатся в свои самые ранние сроки.

Свободным резервом времени можно пользоваться для предотвращения случайностей, которые могут возникнуть в ходе выполнения работ. Если планировать выполнение работ по ранним срокам их начала и окончания, то всегда будет возможность при необходимости перейти на поздние сроки начала и окончания работ.

*Независимый резерв времени* работы — часть полного резерва времени, получаемая для случая, когда все предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а все последующие работы начинаются в ранние сроки.

Использование независимого резерва времени не влияет на величину резервов времени других работ. Независимые резервы стремятся использовать тогда, когда окончание предыдущей работы произошло в поздний допустимый срок, а последующие работы хотят выполнить в ранние сроки. Если величина независимого резерва равна нулю или положительна, то такая возможность есть. Если же эта величина отрицательна, то этой возможности нет, так как предыдущая работа ещё не оканчивается, а последующая уже должна начаться. То есть отрицательное значение этой величины не имеет реального смысла. Фактически независимый резерв имеют лишь те работы, которые не лежат на максимальных путях, проходящих через их начальные и конечные события.

Таким образом, если частный резерв времени первого вида может быть использован на увеличение продолжительности данной и последующих работ без затрат резерва времени предшествующих работ, а свободный резерв времена — на увеличение продолжительности данной и предшествующих работ без нарушения резерва времени последующих работ без нарушения резерва времени последующих работ, то независимый резерв времени может быть использован для увеличения продолжительности только данной работы.

Работы, лежащие на критическим пути, так же как и критические события, резервов времени не имеют.

*Рисунок 3. Ключ к расчёту секторным методом*

№ события

Раннее время начала работы Б

№ предшествующего события

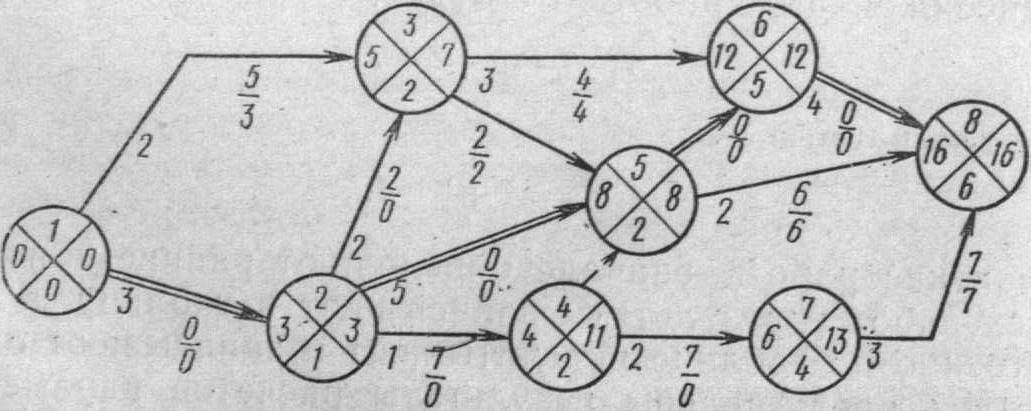
Позднее время окончания работы А

Работа А

Работа Б

Следует отметить, что в случае достаточно простых сетевых графиков кроме табличного метода расчета параметров сетевых графи­ков, может быть применено *секторное представление* временных параметров, то есть расчет параметров может быть произведен на самом графике. Каждое событие для этого делится на четыре сектора. В левом секторе события записывают раннее начало работы, в правом — позднее окончание, в верхнем — номер данного события, в нижнем — номер предшествующего события, из которого к данному событию идёт путь максимальной продолжительности. Имеет место, когда в нижнем секторе ставят номер события и верхний сектор не заполняют. Определённые резервы времени записывают под стрелкой в виде дроби: в числителе общий резерв, а в знаменателе частный резерв.

*Сетевой график 5. Секторное представление временных параметров*



Реально на практике продолжительность работ, фактическое их состояние могут изменяться. При этом может изменяться и ожидаемое время наступления события, окончания работ и критический путь. Зная критический путь, руководство может сосредоточиться на тех работах, которые являются решающими с точки зрения сроков окончания всех работ.

# Анализ и оптимизация сетевого графика

После нахождения критического пути и резервов времени работ и оценки вероятности выполнения проекта в заданный срок должен быть проведён всесторонний анализ сетевого графика и приняты меры по его оптимизации. Этот весьма важный этап в разработке сетевых графиков раскрывает основную идею СПУ. Он заключается в приведении сетевого графика в соответствие с заданными сроками и возможностями организации, разрабатывающей проект.

Оптимизация сетевого графика в зависимости от полноты решаемых задач может быть условно разделена на частную и комплексную. Видами *частной оптимизации* сетевого графика являются: минимизация времени выполнения комплекса работ при заданной его стоимости; минимизация стоимости комплекса работ при заданном времени выполнения проекта. *Комплексная оптимизация* представляет собой нахождение оптимального соотношения величин стоимости и сроков выполнения проекта в зависимости от конкретных целей, ставящихся при его реализации.

Вначале рассмотрим анализ и оптимизацию календарных сетей, в которых заданы только оценки продолжительности работ.

Анализ сетевого графика начинается с анализа топологии сети, включающего контроль построения сетевого графика, установление целесообразности выбора работ, степени их расчленения.

Затем проводятся классификация и группировка работ по величинам резервов. Следует отметить, что величина полного резерва времени далеко не всегда может достаточно точно характеризовать, насколько напряжённым является выполнение той или иной работы некритического пути. Всё зависит от того, на какую последовательность работ распространяется вычисленный резерв, какова продолжительность этой последовательности.

Определить степень трудности выполнения в срок каждой группы работ некритического пути можно с помощью коэффициента напряжённости работ.

*Коэффициентом напряжённости работы* называется отношение продолжительности несовпадающих, но заключённых между одними и теми же событиями, отрезков пути, одним из которых является путь максимальной продолжительности, проходящий через данную работу, а другим — критический путь.

Этот коэффициент может изменяться в пределах от 0 (для работ, у которых отрезки максимального из путей, не совпадающие с критическим путём, состоят из фиктивных работ нулевой продолжительности) до 1 (для работ критического пути).

Обратим внимание на то, что больший полный резерв одной работы (по сравнению с другой) не обязательно свидетельствует о меньшей степени напряжённости её выполнения. Это объясняется разным удельным весом полных резервов работ в продолжительности отрезков максимальных путей, не совпадающих с критическим путём.

Вычисленные коэффициенты напряжённости позволяют дополнительно классифицировать работы по зонам:

* критическая К > 0,8,
* подкритическая 0,6 < К < 0,8,
* резервная К < 0,6.

Оптимизация сетевого графика представляет процесс улучшения организации выполнения комплекса работ с учётом срока его выполнения. Оптимизация проводится с целью сокращения длины критического пути, выравнивания коэффициентов напряжённости работ, рационального использования ресурсов.

В первую очередь принимаются меры по сокращению продолжительности работ, находящихся на критическом пути. Это достигается:

* перераспределением всех видов ресурсов, как временных (использование резервов времени некритических путей), так и трудовых, материальных, энергетических, при этом перераспределение ресурсов должно идти, как правило, из зон, менее напряжённых, в зоны, объединяющие наиболее напряжённые работы.

Например, можно увеличить сменность работ на «узких» участках строительства. Это мероприятие наиболее эффективно, поскольку позволяет добиться нужного результата при тех же ведущих машинах (экскаваторе, станке и т.д.), только увеличив численность рабочих.

* сокращением трудоёмкости критических работ за счёт передачи части работ на другие пути, имеющие резервы времени;
* пересмотром топологии сети, изменением состава работ и структуры сети.
* обеспечить проведение параллельных (совмещенных) работ;
* разделить широкий фронт работ на более мелкие захватки или участки;
* уменьшить продолжительность программы можно путем изменения применяемой технологии, например, в строительстве, заменой монолитных железобетонных конструкций сборными, другими сборными элементами, изготавливаемыми на заводе.

Проводя корректировку графика надо иметь в виду, что рабочих насыщают ресурсами до определенного предела (чтобы каждый рабочий был обеспечен достаточным фронтом работ и имел возможность соблюдать правила техники безопасности).

В процессе сокращения продолжительности работ критический путь может измениться, и в дальнейшем процесс оптимизации будет направлен на сокращение продолжительности работ нового критического пути и так будет продолжиться до получения удовлетворительного результата. В идеале длина любого из полных путей может стать равной длине критического пути или по крайней мере пути критической зоны. Тогда все работы будут вестись с равным напряжением, а срок завершения проекта существенно сократится.

Самый очевидный вариант частной оптимизации сетевого графика с учётом стоимости предполагает использование резервов времени работ. Продолжительность каждой работы, имеющей резерв времени, увеличивают до тех пор, пока не будет исчерпан этот резерв или пока не будет достигнуто верхнее значение продолжительности. Продолжительность каждой работы целесообразно увеличить на величину такого резерва, чтобы не изменить ранние сроки наступления всех событий сети, то есть на величину свободного резерва времени.

На практике при попытках эффективного улучшения составленного плана неизбежно введение дополнительно к оценкам сроков фактора стоимости работ. Проект может потребовать ускорения его выполнения, что, естественно, отразится на стоимости: она увеличится. Поэтому необходимо определить оптимальное соотношение между стоимостью проекта и продолжительностью его выполнения.

При использовании метода «время–стоимость» предполагают, что уменьшение продолжительности работы пропорционально возрастанию её стоимости. Возрастание стоимости при уменьшении времени называется з*атратами на ускорение*.

Весьма эффективным является использование метода статистического моделирования, основанного на многократных последовательных изменениях продолжительности работ (в заданных пределах) и «проигрывании» на компьютере различных вариантов сетевого графика с расчётами всех его временных параметров и коэффициентов напряжённости работ.

Например, можно взять в качестве первоначального план, имеющий минимальные значения продолжительности работ и, соответственно, максимальную стоимость проекта. А затем последовательно увеличивать продолжительность выполнения комплекса работ путём увеличения продолжительности работ, расположенных на некритических, а затем и на критическом (критических) пути до удовлетворительного значения стоимости проекта. Соответственно, можно взять за исходный план, имеющий максимальную продолжительность работ, а затем последовательно уменьшать их продолжительность до такого приемлемого значения продолжительности проекта.

Процесс «проигрывания» продолжается до тех пор, пока не будет получен приемлемый вариант плана или пока не будет установлено, что все имеющиеся возможности улучшения плана исчерпаны и поставленные перед разработчиком проекта условия невыполнимы.

В настоящее время на практике сеть вначале корректируют по времени, т. е. приводят ее к заданному сроку окончания строи­тельства. Затем приступают к корректировке графика по критерию распределения ресурсов, начиная с трудовых ресурсов.

Следует заметить, что при линейной зависимости стоимости работ от их продолжительности задача построения оптимального сетевого графика может быть сформулирована как задача *линейного программирования*, в которой необходимо минимизировать стоимость выполнения проекта при ограничении, во-первых, продолжительности каждой работы в установленных пределах, а, во-вторых, продолжительности любого полного пути сетевого графика не более установленного срока выполнения проекта.

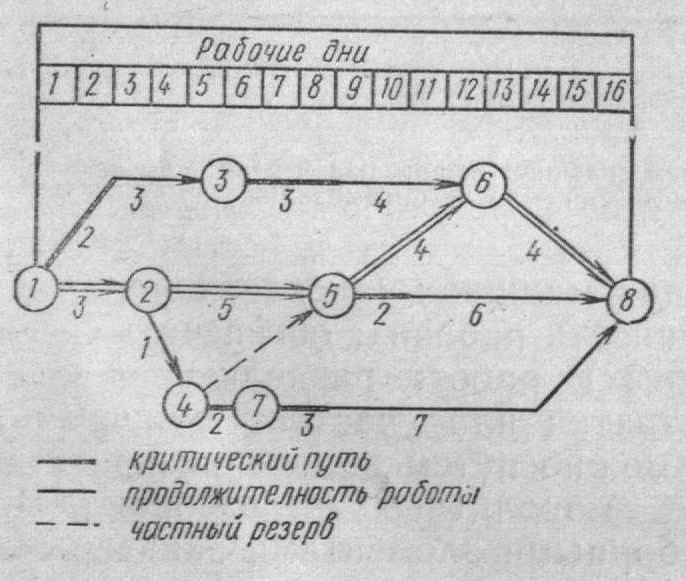
# Построение сетевого графика в масштабе времени

В практике получили распространение сетевые графики, составленные в масштабе времени с привязкой к календарным срокам. При контроле над ходом работ такой график позволит быстро найти работы, выполняемые в определённый период времени, установить их опережение или отставание и в случае необходимости перераспределять ресурсы.

Сетевой график, составленный в масштабе времени, даёт возможность построить графики потребности в ресурсах и тем самым установить соответствие их фактическому наличию. Построение сетевого графика в масштабе времени производится по ранним началам или поздним окончаниям работ и идёт последовательно от исходного события до завершающего.

Привязку сетевого графика к календарю удобно производить при помощи календарной линейки, в которую записываются годы, месяцы и числа (без выходных и праздничных дней). Пользуясь таблицей, можно легко найти календарную дату начала или окончания работы.

*Сетевой график 6. Сетевой график в масштабе времени*



В случаях изменений исходных данных и фактического хода работ, сетевой график, составленный применительно к масштабу, вызывает усложнения при его корректировке. Поэтому такой метод применим для сравнительно небольших сетевых графиков.

# Заключение

На основании вышеизложенного можно утверждать, что методы сетевого планирования и управления обеспечивают руководителей и исполнителей на всех участках работы обоснованной информацией, которая необходима им для принятия решений по планированию, организации и управлению. А при использовании вычислительной техники СПУ является уже не просто одним из методов планирования, а автоматизированным методом управления производственным процессом.

# Используемые источники

1. webforum.land.ru – форум по управлению проектами в России.
2. [www.project.narod.ru](http://www.project.narod.ru) – управление проектами.
3. [www.projectmanagement.ru](http://www.projectmanagement.ru) – управление проектами в России.
4. Алексеев А.А. Технология и организация сельского строительства: Учебник для вузов. — М.: Стройиздат, 1983. — 440 с.
5. Воропаев В. И. Управление проектами в России. М.: Аланс, 1995.
6. Горчаков А.А., Орлова И.В. Компьютерные экономико-математические модели. — М.: Компьютер, ЮНИТИ, 1995.
7. Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов/ Кремер Н.Ш., Путко Б.А., Тришин И.М., Фридман М.Н.; под ред. Проф. Кремера Н.Ш.. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. — 407 с.
8. Карасёв А.И., Кремер Н.Ш., Савельева Т.И. Математические методы и модели в планировании. — М.: Экономика, 1987.
9. Разу М.Л. и др. Модульная программа для менеджеров. Управление программами и проектами 8. М.: ИНФРА-М, 2000.
10. Чепурных Н.В., Новосёлов А.Л. инвестиционное проектирование в региональном природопользовании. — М.: Наука, 1997. — 253 с.