

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНСТИТУТ БИЗНЕСА БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА»**

КАФЕДРА ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

Курсовая работа

**СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ.
СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ**

Севрюк Александры Петровны
студентки 3 курса, группа 852
специальность «Управление
информационными ресурсами»

Научный руководитель:
кандидат физико-математических наук,
доцент Ю.В. Минченков

Минск, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Сетевая модель и ее основные элементы.....	5
Правила построения сетевых графиков	8
Временные параметры сетевых графиков	15
Методика расчета временных параметров событий.....	17
Метод критического пути.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	24

ВВЕДЕНИЕ

Система методов сетевого планирования и управления (СПУ) – это комплекс графических и расчетных методов организационных мероприятий, обеспечивающих моделирование, анализ и динамическую перестройку плана выполнения сложных проектов и разработок, например, таких как: строительство и реконструкция каких-либо объектов, выполнение научно-исследовательских и конструкторских работ, подготовка производства к выпуску продукции, перевооружение армии и т.д.

Первоначальные идеи СПУ были разработаны в конце 50-х годов в США и реализованы в виде двух систем сетевого анализа – PERT (Program Evaluation and Review Technique – оценка программ и способов проверки) и CPM (Critical Path Method – метод критического пути). Система CPM была впервые применена при управлении строительными работами, система PERT – при разработке систем «Поларис».

Применение системы сетевого планирования способствует разработке оптимального варианта стратегического плана развития предприятия, который служит основой оперативного управления комплексом работ в ходе его осуществления. Основным плановым документом в этой системе является сетевой график, или просто сеть, представляющий информационно-динамическую модель, в которой отражаются все логические взаимосвязи и результаты выполняемых работ, необходимых для достижения конечной цели стратегического планирования. В сетевом графике с необходимой степенью детализации изображается, какие работы, в какой последовательности и за какое время предстоит выполнить, чтобы обеспечить окончание всех видов деятельности не позже заданного или планируемого периода.

При сетевом планировании производства видна цепочка работ, от которых зависит своевременное выполнение проекта, есть простые математические зависимости, позволяющие делать расчёты, а после составления сетевого графика выявляются резервы, которые можно использовать внутри проекта и, следовательно, сократить длительность и стоимость.

Каким бы совершенным ни был производственный процесс, на предприятии всегда найдутся внутрипроизводственные резервы. С течением времени в силу появления новых достижений научно-технического прогресса величина этих резервов будет возрастать.

Система сетевого планирования и управления позволяет:

- формировать календарный план реализации некоторого комплекса работ;
- выявлять и мобилизовать резервы времени, а также трудовые, материальные и денежные ресурсы;

- осуществлять управление комплексом работ по принципу «ведущего звена» с прогнозированием и предупреждением возможных срывов в ходе работ;
- повышать эффективность управления в целом при чётком распределении ответственности между руководителями разных уровней и исполнителями работ;
- четко отображать объем и структуру решаемой проблемы, выявлять с любой требуемой степенью детализации работы, образующие единый комплекс процесса разрешения проблемы;
- определять события, совершение которых необходимо для достижения заданных целей;
- выявлять и всесторонне анализировать взаимосвязь между работами, так как в самой методике построения сетевой модели заложено точное отражение всех зависимостей, обусловленных состоянием объекта и условиями внешней и внутренней среды;
- широко использовать вычислительную технику;
- быстро обрабатывать большие массивы отчетных данных и обеспечивать руководство своевременной и исчерпывающей информацией о фактическом состоянии реализации программы;
- упрощать и унифицировать отчетную документацию.

Методы сетевого моделирования относятся к методам принятия оптимальных решений, благодаря чему мы можем иметь возможность грамотно управлять крупными народнохозяйственными комплексами и проектами, научными исследованиями, конструкторской и технологической подготовкой производства, новых видов изделий, строительством и реконструкцией, капитальным ремонтом основных фондов и т.д., это говорит об актуальности данной темы и оправдывает рассмотрение этого типа моделей в данной курсовой работе.

Целью данной курсовой работы является описание сущности, назначения, элементов и методов сетевого планирования и управления (СПУ).

Для достижения цели был поставлен ряд **задач**:

- описать сущность и назначение СПУ
- описать основные элементы сетевой модели
- указать правила построения сетевых графиков
- описать временные параметры сетевых графиков
- продемонстрировать методику расчета временных параметров событий
- описать метод критического пути

Сетевая модель и ее основные элементы

Методы сетевого планирования и управления представляют собой один из разделов теории управления большими системами и предназначены для управления производственно-экономическими, социотехническими системами. Расчет планов, а также реализация функции управления осуществляется с помощью сетевых моделей.

Основными областями применения методов сетевого планирования являются планирование и осуществление строительных работ, планирование трудовой деятельности, составление бухгалтерских отчетов, разработка торгового и финансового плана и т.д.

Основные достоинства данного метода:

- концентрация внимания на важных работах;
- установление четкой взаимосвязи между исполнителями;
- возможность рационального маневрирования ресурсами;
- экономия времени, средств и других ресурсов;
- возможность алгоритмизации и решения на ЭВМ.

Системы, использующие сетевую модель, называются **системами сетевого планирования и управления (СПУ)**.

Комплекс работ – любая задача, 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. Сетевая модель является этим средством описания.

Сетевая модель – процесс выполнения проекта, представленный в виде взаимосвязи работ с указанием их продолжительностей.

Сетевой график – графическое изображение сетевой модели.

Объекты управления в системах СПУ – коллективы исполнителей, располагающие определенными ресурсами и выполняющие определенный комплекс операций, призванный обеспечить достижение намеченной цели. Например, разработку нового изделия, строительство объекта.

Основными элементами сетевой модели являются работа, событие и путь (рис. 1).

Работа – это любой трудовой процесс или действие, которое сопровождается затратами ресурсов и времени. Например, погрузка товара или оформление отчета.

Понятие «работа» может иметь следующие значения:

Работа – действительная работа – протяженный во времени процесс, требующий затрат времени и ресурсов (например, испытание прибора, сборка изделия и т.д.)

Работа – ожидание – протяженный во времени пассивный процесс, не требующий затрат труда, а требующий только затрат времени (например, процесс сушки после покраски, затверждение уложенного асфальта и т.д.)

Работа – зависимость (фиктивная работа) – это процесс, не требующий ни затрат времени, ни затрат ресурс, ни затрат труда, который представляет собой логическую связь между двумя или несколькими работами (событиями). Она указывает, что возможность одной работы непосредственно зависит от результатов другой. Продолжительность фиктивной работы принимается равной нулю.

Действительные работы и ожидания изображаются сплошными стрелками (дугами), фиктивные работы – пунктирными. Над стрелками (дугами) пишутся наименования работ, под стрелками (дугами) – их продолжительность. Каждая работа сетевого графика соединяет между собой два события (рис. 1).

Событие - факт начала или окончания одной или нескольких работ. Событие не имеет продолжительности, оно совершается мгновенно, в определенный момент времени, не потребляя ресурсов.

Событие может быть как частным результатом отдельной работы, так и суммарным результатом нескольких работ. Если событие является результатом нескольких работ, то оно считается свершившимся в момент окончания последней входящей в него работы. Последующие работы могут начаться только тогда, когда событие свершится. Таким образом, можно говорить о двойственном характере события: для всех предшествующих ему работ оно является **конечным (завершающим)**, для всех следующих за ним – **начальным (исходным)**.

Событие изображается кружком, который делится на четыре сектора, каждое событие имеет свой номер, который мы указываем в верхнем секторе кружка. Нумерация происходит в целых положительных числах от исходного до завершающего в порядке возрастания (рис. 1).

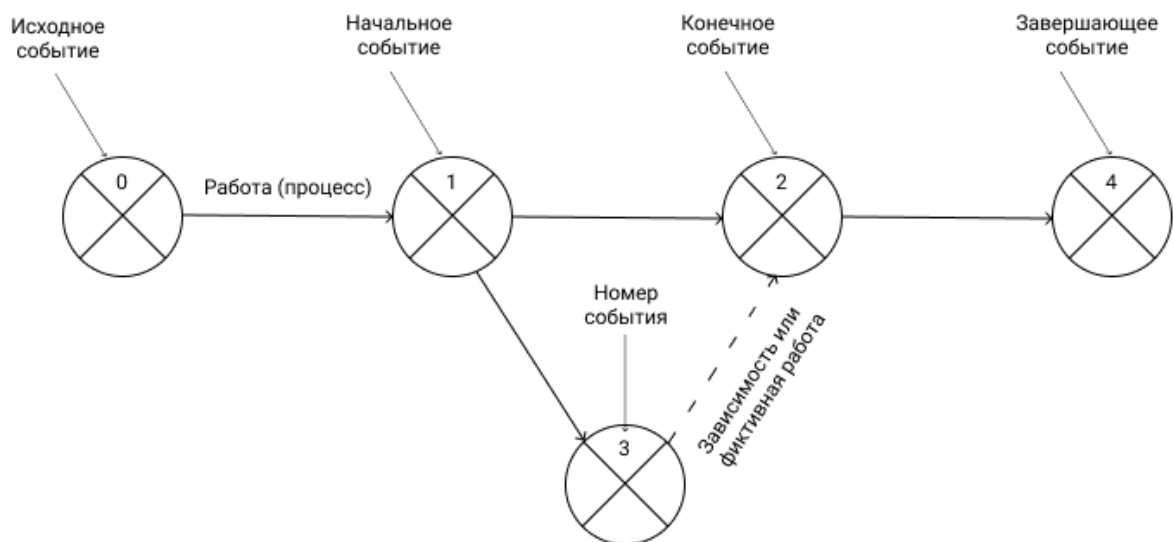


Рисунок 1 – Основные элементы сетевой модели

Путь – это цепочка следующих друг за другом работ, соединяющих начальное и конечное события.

Продолжительность пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ.

Путь, имеющий максимальную длину, называют **критическим**. Продолжительность критического пути, а именно критическое время ($t_{кр}$), определяет срок выполнения всего проекта. Работы, принадлежащие критическому пути, называются критическими, они не имеют резервов времени и составляют 4-12% от общего числа работ. Их несвоевременное выполнение ведет к срыву всего комплекса работ. На сетевом графике критический путь выделяется двойной или жирной линией.

Число путей в сетевом графике можно определить следующим образом. Исходному событию присваивается число 1, которое записывается в верхнем секторе кружка, изображающего событие (рис. 1). На следующих событиях записывается число, равное сумме чисел, стоящих в верхних секторах кружков событий входящих работ. Количество путей определяет число, стоящее в верхнем секторе кружка завершающего события.

Правила построения сетевых графиков

Сетевые графики составляются на начальном этапе планирования. Сначала 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, оцениваются продолжительность каждой работы. Затем составляется сетевой график и производится его упорядочивание. После упорядочения сетевого графика рассчитываются параметры событий и работ, определяются резервы времени и критический путь. Далее проводятся анализ и оптимизация сетевого графика, который при необходимости составляется заново с пересчетом параметров событий и работ.

Существует три принципа построения сетевых моделей.

Принцип централизации – построение сверху вниз. Он используется в сетевых графиках небольшого объема (в строительстве, ремонт цехов).

Принцип децентрализации – построение снизу вверх.

Комбинированный принцип – построение сверху вниз и снизу вверх.

Принципы децентрализации и комбинированный используются при сложных разработках в масштабах отрасли или предприятия.

Прежде чем строить сетевой график, необходимо составить полный список работ комплекса, оценить продолжительность каждой работы и установить последовательность их выполнения, т.е. точно определить, какие работы обязательно должны быть закончены, чтобы могла начаться следующая работа. Такой список удобно представить в виде структурно-временной таблицы. После составления структурно-временной таблицы приступают к процедуре построения сетевого графика.

Итак, ниже приведены **основные правила построения сетевых графиков**.

При построении сетевого графика рекомендуется направлять стрелки (дуги) слева направо и изображать их по возможности горизонтальными линиями без лишних пересечений.

Если работы А, Б, В выполняются последовательно, то на сетевом графике они изображаются по горизонтали одна за другой (рис. 2).

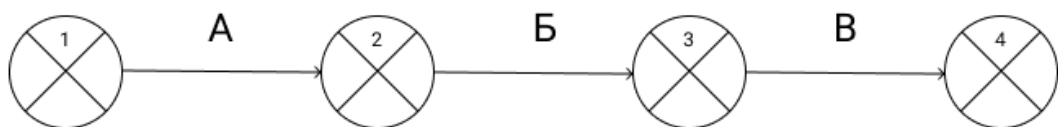


Рисунок 2 – Последовательные работы

Если результат работы А необходим для выполнения работ Б и В, то на сетевом графике это изображается следующим образом (рис. 3).

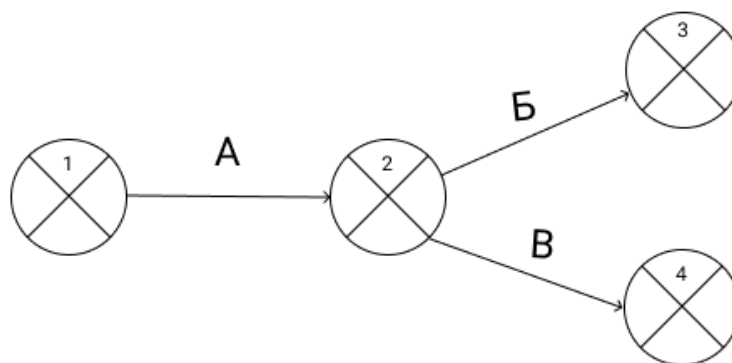


Рисунок 3 – Результат работы А необходим для выполнения Б и В

Если результат работ А и Б необходим для выполнения работы В, то на сетевом графике это изображается следующим образом (рис. 4).

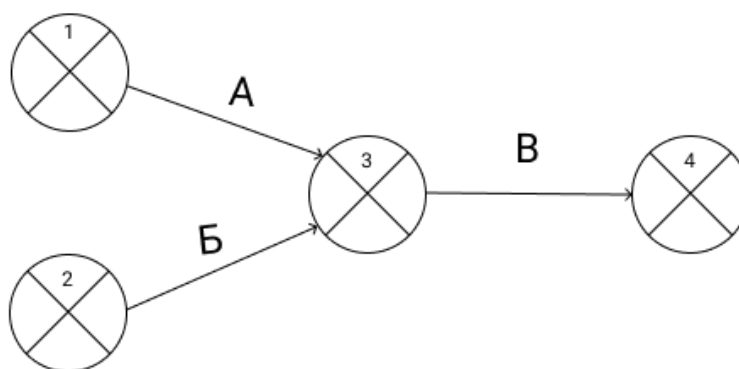


Рисунок 4 – Результат работ А и Б необходим для выполнения В

Работы сетевого графика не должны иметь одинакового кода (рис. 5). Если работы A_1, A_2, \dots, A_n выходят из одного события и их выполнение необходимо для свершения одного и того же события, то вводятся дополнительные фиктивные работы (рис. 6).

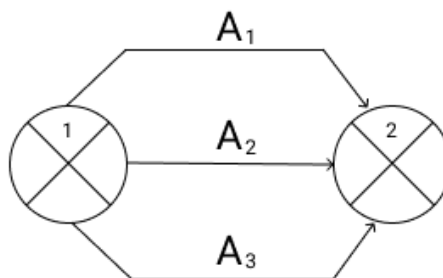


Рисунок 5 – Одинаковый код у работ

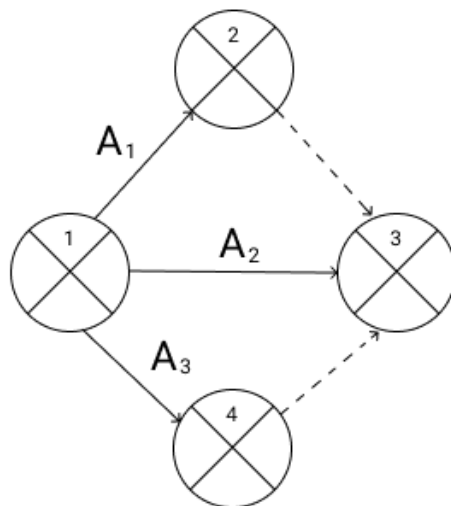


Рисунок 6 – Введение фиктивной работы (1)

Если для начала работы В необходимо выполнение работ А и Б, а для начала работы Г – выполнение работы А, то в сетевой график вводится дополнительная фиктивная работа (рис. 7).

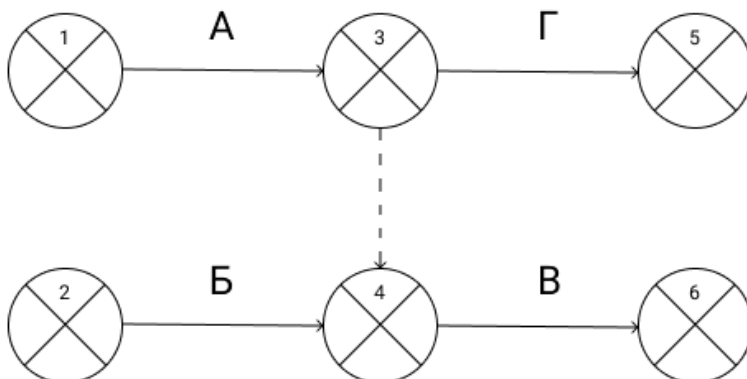


Рисунок 7 – Введение фиктивной работы (2)

Если после окончания работы А можно начать работу Б, а после окончания работы В – работу Г и работа Д может быть начата только после окончания работ А и В, то на сетевом графике это изображается при помощи двух дополнительных фиктивных работ (рис.8).

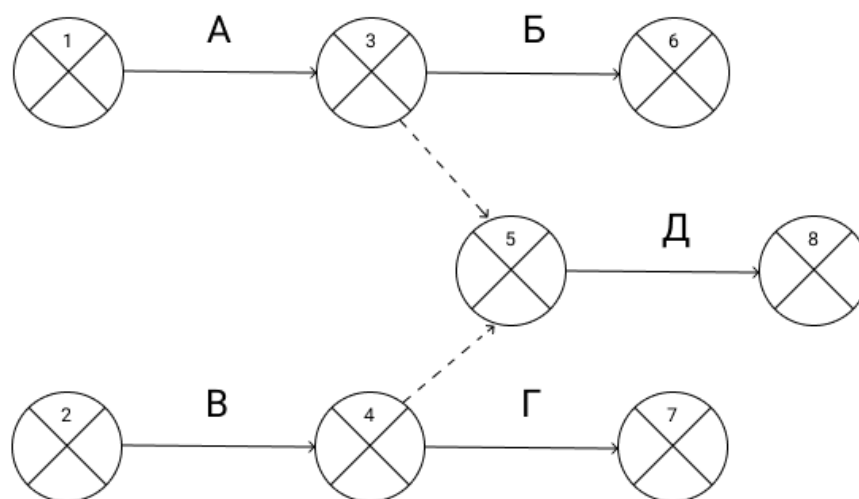


Рисунок 8 – Введение фиктивных работ (3)

В сетевом графике не должно быть замкнутых контуров. При возникновении контура необходимо вернуться к исходным данным и путем пересмотра состава работ добиться его устранения.

События следует нумеровать так, чтобы номер начального события для любой работы был меньше номера ее конечного события. Это условие исключает появление замкнутых контуров, которые недопустимы, поскольку ни одна работа не может предшествовать сама себе.

В одноцелевом графике не должно быть “тупиков”, т.е. таких событий, из которых не выходит ни одной работы (рис.9), за исключением завершающего события. Здесь либо работа не нужна вовсе и ее необходимо аннулировать, либо не замечена необходимость определенной работы, следующей за событием, для совершения какого-либо последующего события. В таких случаях необходимо тщательное изучение взаимосвязей событий и работ для исправления возникшей ситуации.

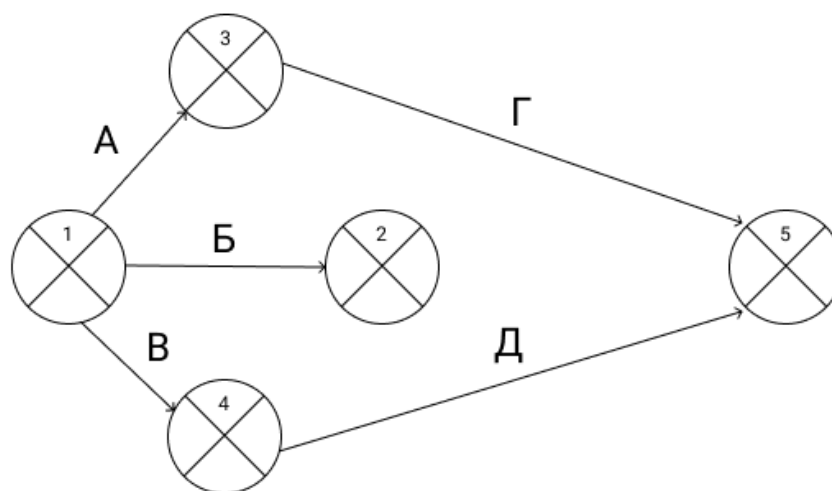


Рисунок 9 – События, из которых не выходит ни одной работы

В сетевом графике не должно быть “хвостов”, т.е. событий, в которые не входит ни одной работы, если эти события не являются исходными для данного сетевого графика (рис. 10). Обнаружив в сети такие события, необходимо определить исполнителей предшествующих им работ и включить эти работы в сеть.

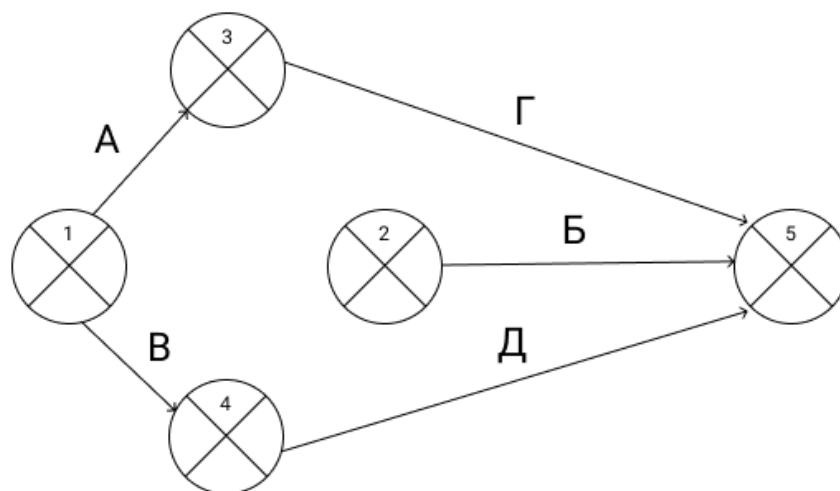


Рисунок 10 – События, в которые не входит не одна работа

Любые два события должны быть непосредственно связаны не более чем одной работой-стрелкой. Тогда любой работе можно однозначно сопоставить пару (i, j) , где i – номер ее начального события, а j – номер конечного события. При этом всегда $i < j$. Нарушение этого условия происходит при изображении параллельно выполняемых работ. Если эти работы так и оставить, то произойдет 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.

Если какие-либо сложные работы могут быть начаты до полного завершения непосредственно предшествующей им работы, то последнюю целесообразно представить как ряд последовательно выполняемых работ, каждая из которых завершается определенным событием.

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.

Таким образом, в упорядоченном сетевом графике все работы-стрелки направлены слева направо: от событий с меньшими номерами к событиям с большими номерами.

Пример построения сетевого графика:

Условие: построить укрупненный сетевой график выполнения комплекса работ по подготовке к открытию нового магазина. Список работ, их очередность и продолжительность выполнения представлены в структурно-временной таблице (таблица 1).

Таблица 1 – Комплекс работ по открытию магазина

Обозначение работы	Описание	Предшествующие работы	Продолжительность, дни
a1	Составление сметы	—	10
a2	Приобретение оборудования	a1	17
a3	Монтаж оборудования	a2	7
a4	Оформление торгового зала	a3	8
a5	Подбор кадров	a1	6
a6	Подготовка кадров	a5	9
a7	Доставка товаров	a6	6
a8	Выкладка товаров	a4, a7	2
a9	Заказ и получение фирменной одежды	a6	15
a10	Заказ и получение ценников	a6	8
a11	Заполнение ценников	a10	3
a12	Приемка магазина	a8, a9, a11	2

Решение:

Исходное событие (1) означает момент начала выполнения проекта. Работа a1 не имеет предшествующих, следовательно, на графике она изображается стрелкой, выходящей из исходного события. Масштаб при этом соблюдать не требуется. Работам a2 и a5 предшествует работа a1, поэтому на графике стрелки a2 и a5 непосредственно следуют за стрелкой a1, располагаясь достаточно произвольным образом.

Событие (2) означает момент окончания работы a1 и начала работ a2 и a5, которым она предшествует. Работе a3 предшествует работа a2, а работе a4 предшествует работа a3, что и отражено на сетевом графике следующими друг за другом стрелками a3 и a4 и событиями (3) и (4).

Работе a6 предшествует работа a5, поэтому на графике стрелка a6 непосредственно следует за дугой a5. Момент завершения работы a5 и начала работы a6 обозначен событием (5). В свою очередь работа a6 предшествует работам a7, a9 и a10, поэтому на графике стрелки a7, a9 и a10 непосредственно следуют за стрелкой a6.

Стрелки а4 и а7 сводим в одно событие (7), так как работа а8 может начаться только после завершения работ а4 и а7. Аналогичным образом поступаем и со стрелками а8, а9 и а11, направив их в общее событие (9), учитывая, что работа а12 может быть начата только после окончания работ а8, а9 и а11.

Наконец, дуга а12 соответствует последней работе проекта, а завершающее ее событие (10) означает момент окончания выполнения всего комплекса работ.

Итак, мы можем выделить 10 событий: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 12 связывающих их работ: а1(1,2), а2(2,3), а3(3,4), а4(4,7), а5(2,5), а6(5,6), а7(6,7), а8(7,9), а9(6,9), а10(6,8), а11(8,9), а12(9,10).

Далее на основе проанализированной информации составим сетевой график (рис. 11) и проверим, соответствует ли он всем описанным выше правилам построения сетевого графика, если же нет, найдем ошибки и исправим их.

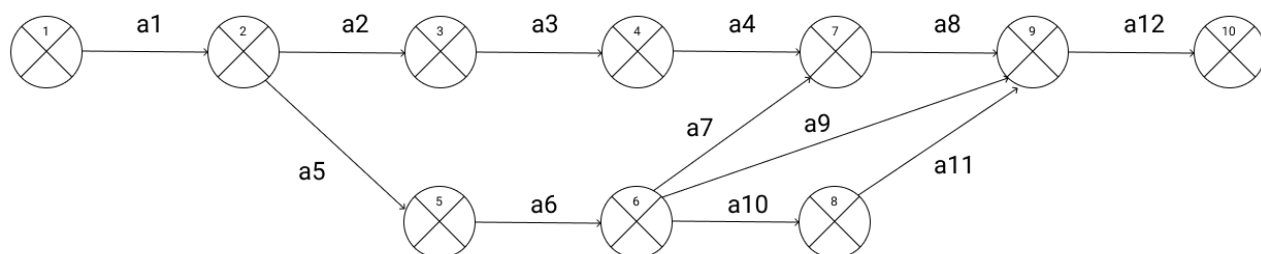


Рисунок 11 – Сетевой график из примера

Временные параметры сетевых графиков

К основным временным параметрам сетевого графика относятся: продолжительность выполнения всего проекта (продолжительность критического пути), времена свершения событий, сроки начала и окончания отдельных работ и их резервы времени.

Для лучшего понимания того, как правильно рассчитывать временные параметры событий, нужно дать определения следующим важным понятиям.

Путь – последовательность работ, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей.

Длина пути ($t(L)$) – сумма продолжительностей работ, образующих путь.

Полный путь – путь от исходного события до завершающего. Для приведенного на рисунке 11 примера такими будут пути $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 9 \rightarrow 10$, $1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 9 \rightarrow 10$ и некоторые другие.

Критический путь – полный путь, имеющий наибольшую продолжительность. Таких путей в сети может быть несколько. Находящиеся на нем работы и события называют критическими. Длина критического пути равна критическому времени ($t_{кр}$) выполнения всего комплекса работ. На сетевом графике критический путь выделяется двойной или жирной линией.

Предшествующий событию путь – путь от исходного события до рассматриваемого.

Следующий за событием путь – путь от данного события до завершающего.

Ранним сроком ($t_{p(j)}$) свершения события j называется самый ранний момент времени, к которому завершаются все предшествующие этому событию работы (самый длинный предшествующий событию путь).

Поздним сроком ($t_{п(i)}$) свершения события i называется самый поздний момент времени, после которого остается ровно столько времени, сколько необходимо для выполнения всех работ, следующих за этим событием.

Резерв времени события ($R_{(i)}$) – это разность между поздним и ранним сроками свершения события. Он показывает, на какой предельно допустимый срок может задержаться свершение события i без изменения срока наступления завершающего события n .

Очевидно, что для критических событий, и только для них резервы времени будут равны нулю. Поэтому, если рассчитать резервы времени для каждого события, то критический путь пройдет только через события с нулевым резервом времени.

Продолжительность работы ($t_{(i,j)}$) – время, затраченное на выполнение определенной работы.

Полный резерв времени $R_{п(i,j)}$ работы (i, j) – это максимально возможный запас времени, на который можно увеличить продолжительность работы или отсрочить начало ее выполнения при условии, что весь комплекс работ будет завершен в критический срок.

Свободный резерв времени $R_{с(i,j)}$ работы (i, j) – это максимальный запас времени, на который можно увеличить продолжительность работы или отсрочить начало ее выполнения при условии, что начальное и конечное ее событие наступят в свои ранние сроки.

Помимо данных временных параметров, характеризующих работу, существует еще четыре довольно важных параметра: ранний срок начала работы ($t_{р.н(i,j)}$), ранний срок окончания работы ($t_{р.о(i,j)}$), поздний срок начала работы ($t_{п.н(i,j)}$), поздний срок окончания работы ($t_{п.о(i,j)}$).

Для ручного расчета сроков свершения событий и их резервов времени удобно проводить вычисления непосредственно на графе, используя четырехсекторную схему (рис. 12). Каждый кружок, обозначающий событие, делится двумя диаметрами на четыре сектора. В верхнем секторе записывается номер события, в левом по мере вычислений записывается ранний срок $t_{р(i)}$ свершения события i , в правом – поздний срок $t_{п(i)}$, в нижнем – резерв времени события $R_{(i)}$.

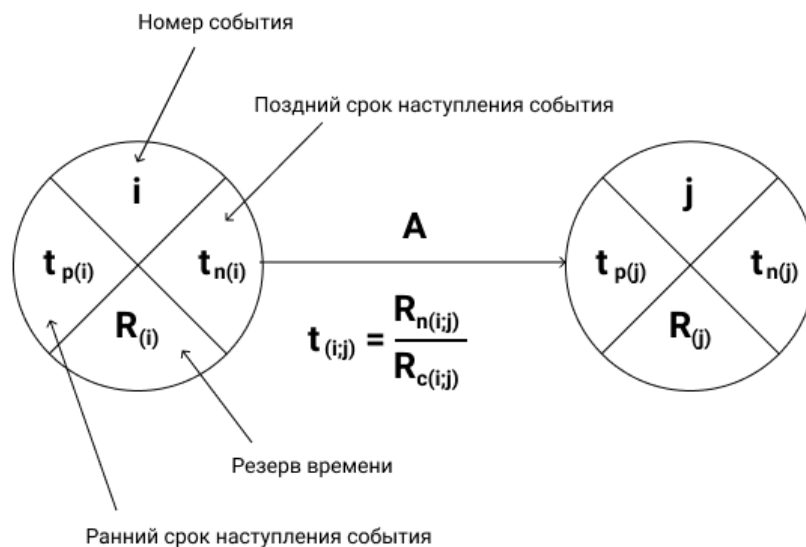


Рисунок 12 – Четырехсекторная схема для расчета сроков

Методика расчета временных параметров событий

Вычисления временных параметров событий выполняются в два этапа (прохода).

При проходе вперед (в порядке возрастания номеров событий) определяются ранние сроки свершения событий. Для исходного события ранний срок свершения можно принять равным нулю, т. е. $t_{p(1)} = 0$. Ранний срок любого последующего события (j -го) определяется как наибольшая сумма ранних сроков свершения каждого предшествующего события и продолжительности работы, связывающей предшествующее событие с j -м. Следовательно, для определения ранних сроков свершения событий имеем рекуррентное соотношение:

$$t_{p(j)} = \max_{(i,j) \in U_j^+} (t_{p(i)} + t_{(i,j)}), \quad (1)$$

где U_j^+ – множество работ, заканчивающихся j -м событием;

$t_{p(i)}$ – ранний срок свершения начального события работы (i, j);

$t_{(i,j)}$ – продолжительность работы (i, j).

Для рассмотренного выше примера получим следующие результаты (рис.13):

$$\begin{aligned} t_{p(1)} &= 0; \\ t_{p(2)} &= t_{p(1)} + t_{(1,2)} = 0 + 10 = 10; \\ t_{p(3)} &= t_{p(2)} + t_{(2,3)} = 10 + 17 = 27; \\ t_{p(4)} &= t_{p(3)} + t_{(3,4)} = 27 + 7 = 34; \\ t_{p(5)} &= t_{p(2)} + t_{(2,5)} = 10 + 6 = 16; \\ t_{p(6)} &= t_{p(5)} + t_{(5,6)} = 16 + 9 = 25; \\ t_{p(7)} &= \max \{t_{p(4)} + t_{(4,7)}; t_{p(6)} + t_{(6,7)}\} = \max \{34+8; 25+6\} = 42; \\ t_{p(8)} &= t_{p(6)} + t_{(6,8)} = 25 + 8 = 33; \\ t_{p(9)} &= \max \{t_{p(6)} + t_{(6,9)}; t_{p(7)} + t_{(7,9)}; t_{p(8)} + t_{(8,9)}\} = \max \{25+15; 42+2; 33+3\} = 44; \\ t_{p(10)} &= t_{p(9)} + t_{(9,10)} = 44 + 2 = 46. \end{aligned}$$

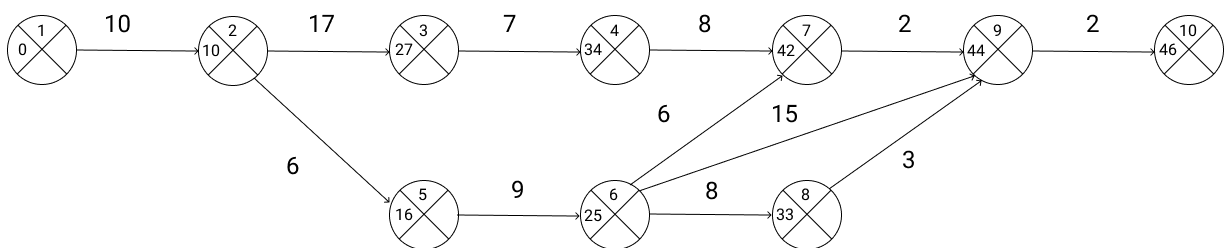


Рисунок 13 – Ранние сроки свершения событий

Таким образом, завершающее 10-е событие может свершиться на 46 день от начала работ. Это минимальное время, за которое могут быть выполнены все работы проекта (критическое время выполнения проекта).

Второй этап – проход назад (в порядке убывания номеров событий) – позволяет определить поздние сроки свершения событий. Очевидно, что для завершающего n -го события поздний и ранний сроки свершения совпадают и равны критическому времени выполнения проекта, т. е. $t_{п(n)} = t_{р(n)} = t_{кр}$. Для любого другого события i поздний срок $t_{п(i)}$ определяется как минимум из разностей, уменьшаемым в которых является поздний срок свершения непосредственно следующего события, а вычитаемым – продолжительность работы, связывающей j -е событие со следующим. Для событий, лежащих на критическом пути, ранний и поздний сроки свершения совпадают. Нахождение позднего срока осуществляется по формуле:

$$t_{п(i)} = \min_{(i,j) \in U_i^-} (t_{п(j)} + t_{(i,j)}), \quad (2)$$

где U_i^- – множество работ, начинающихся i -м событием;

$t_{п(j)}$ – поздний срок свершения конечного события работы (i, j) .

Для рассмотренного выше примера получим следующие результаты (рис.14):

$$\begin{aligned} t_{п(10)} &= t_{р(10)} = 46; \\ t_{п(9)} &= t_{п(10)} - t_{(9,10)} = 46 - 2 = 44; \\ t_{п(8)} &= t_{п(9)} - t_{(8,9)} = 44 - 3 = 41; \\ t_{п(7)} &= t_{п(8)} - t_{(7,8)} = 41 - 2 = 42; \\ t_{п(6)} &= \min \{t_{п(7)} - t_{(6,7)}; t_{п(8)} - t_{(6,8)}; t_{п(9)} - t_{(6,9)}\} = \min \{42 - 6; 41 - 8; 44 - 15\} = 29; \\ t_{п(5)} &= t_{п(6)} - t_{(5,6)} = 29 - 9 = 20; \\ t_{п(4)} &= t_{п(5)} - t_{(4,5)} = 20 - 8 = 12; \\ t_{п(3)} &= t_{п(4)} - t_{(3,4)} = 12 - 7 = 5; \\ t_{п(2)} &= \min \{t_{п(3)} - t_{(2,3)}; t_{п(5)} - t_{(2,5)}\} = \min \{5 - 10; 20 - 6\} = 10; \\ t_{п(1)} &= t_{п(2)} - t_{(1,2)} = 10 - 10 = 0; \end{aligned}$$

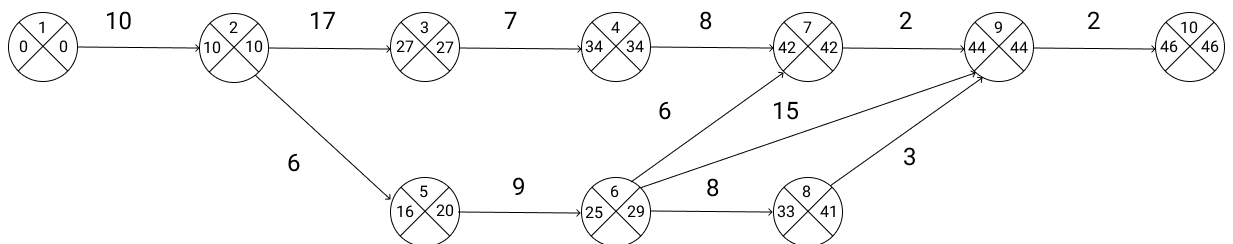


Рисунок 14 – Поздние сроки свершения событий

Рассчитав сроки свершения событий, можно определить временные параметры работ. К ним относятся: ранний срок начала работы, ранний срок окончания работы, поздний срок начала работы, поздний срок окончания работы, полный и свободный резервы времени.

Ранний срок начала работы (i, j) равен раннему сроку свершения события i :

$$t_{p.n(i,j)} = t_{p(i)}. \quad (3)$$

Ранний срок окончания работы (i, j) равен сумме раннего срока свершения начального события работы и ее продолжительности:

$$t_{p.o(i,j)} = t_{p(i)} + t_{(i,j)} \text{ или } t_{p.o(i,j)} = t_{p.n(i,j)} + t_{(i,j)}. \quad (4)$$

Поздний срок окончания работы (i, j) совпадает с поздним сроком свершения ее конечного события:

$$t_{п.о(i,j)} = t_{п(j)}. \quad (5)$$

Поздний срок начала работы (i, j) равен разности между поздним сроком свершения ее конечного события и продолжительностью:

$$t_{п.н(i,j)} = t_{п(j)} - t_{(i,j)} \text{ или } t_{п.н(i,j)} = t_{п.о(i,j)} + t_{(i,j)}. \quad (6)$$

Резерв времени $R_{(i)}$ события i – это разность между поздним и ранним сроками свершения события, рассчитывается по формуле:

$$R_{(i)} = t_{п(i)} - t_{p(i)}. \quad (7)$$

Резервы времени событий для нашего примера следующие: $R(5)=5$, $R(6)=4$, $R(8)=7$; у остальных событий резервы равны нулю, так как эти события критические.

Полный резерв времени $R_{п(i,j)}$ работы (i, j) равен разности позднего срока свершения события j, раннего срока свершения события i и продолжительности работы, рассчитывается по формуле:

$$R_{п(i,j)} = t_{п(j)} - t_{p(i)} - t_{(i,j)}. \quad (8)$$

Свободный резерв времени $R_{с(i,j)}$ работы (i, j) равен разности раннего срока свершения события j, позднего срока свершения события i и продолжительности работы, рассчитывается по формуле:

$$R_{с(i,j)} = t_{p(j)} - t_{п(i)} - t_{(i,j)}. \quad (9)$$

Найдем временные параметры работ для рассмотренного выше примера (рис. 15). Их удобно представить в виде следующей таблицы (таблица 2).

Таблица 2 – Временные параметры работ

Обозначение работ	Продолжительность, дни	Ранние сроки		Поздние сроки		Резервы времени	
		$t_{p.n(i,j)}$	$t_{p.o(i,j)}$	$t_{п.н(i,j)}$	$t_{п.о(i,j)}$	$R_n(i,j)$	$R_c(i,j)$
(1,2)	10	0	10	0	10	0	0
(2,3)	17	10	27	10	27	0	0
(2,5)	6	10	16	10	20	4	0
(3,4)	7	27	34	27	34	0	0
(4,7)	8	34	42	34	42	0	0
(5,6)	9	16	25	20	29	4	0
(6,7)	6	25	42	29	42	11	11

Окончание таблицы 2

(6,8)	8	25	33	29	41	8	0
(6,9)	15	25	44	29	44	4	4
(7,9)	2	42	44	42	44	0	0
(8,9)	3	33	44	41	44	8	8
(9,10)	2	44	46	44	46	0	0

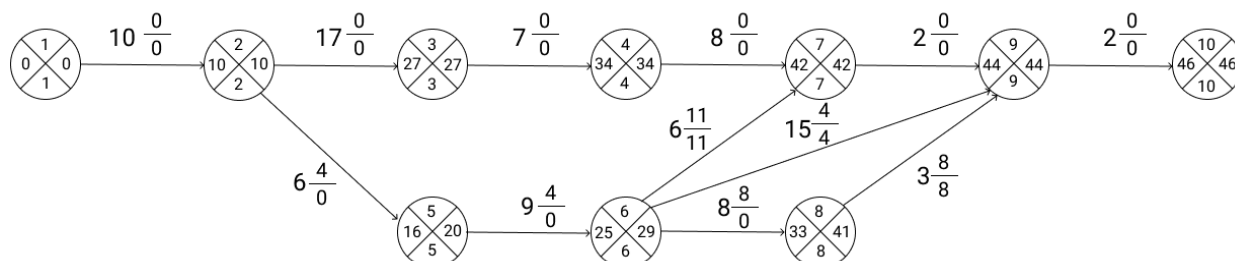


Рисунок 15 – Сетевой график с временными параметрами работ

После вычисления временных параметров определяется критический путь, то есть полный путь, имеющий наибольшую продолжительность на сетевом графике. Критическими также называются работы и события, находящиеся на этом пути. Для него является характерным, что все события, принадлежащие ему, не имеют резервов времени (они равны нулю).

Метод критического пути

Критический путь имеет особое значение в системе СПУ, так как работы этого пути определяют общий цикл завершения всего комплекса работ, планируемых при помощи сетевого графика.

В основе метода критического пути лежит определение наиболее длительной последовательности задач от начала проекта до его окончания с учетом их взаимосвязи. Задачи, лежащие на критическом пути (критические задачи), имеют нулевой резерв времени выполнения, и, в случае изменения их длительности, изменяются сроки всего проекта. В связи с этим, при выполнении проекта критические задачи требуют более тщательного контроля, в частности, своевременного выявления проблем и рисков, влияющих на сроки их выполнения и, следовательно, на сроки выполнения проекта в целом.

Для сокращения продолжительности проекта необходимо сокращать продолжительность работ, лежащих на критическом пути. Суть решения задачи сокращения сетевого графика сводится к привлечению дополнительных ресурсов к выполнению работ, лежащих на критическом пути, снятием работ, не лежащих на критическом пути, запараллеливанием работ.

Также в процессе выполнения проекта критический путь проекта может меняться, так как при изменении длительности задач некоторые из них могут оказаться на критическом пути.

Итак, поскольку, критический путь проходит только через события с нулевым резервом времени, то для рассматриваемого примера критический путь будет следующим $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 9 \rightarrow 10$, т.е. $T_{кр}(1; 2; 3; 4; 7; 9; 10)$. На рисунке 16 он отмечен жирными стрелками.

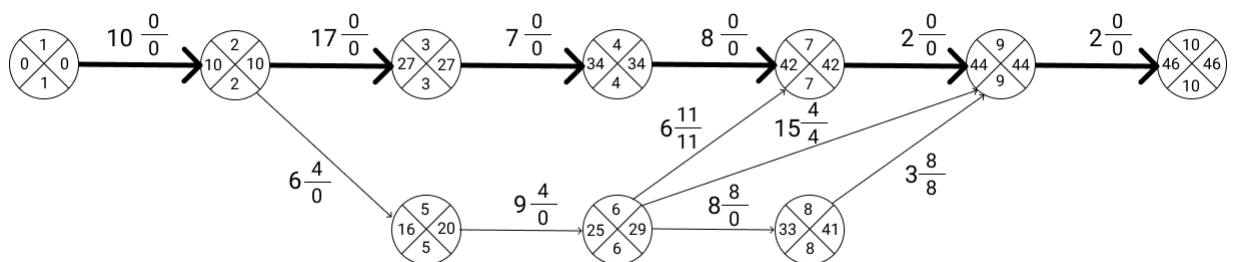


Рисунок 16 – Критический путь сетевого графика из примера

Длина критического пути равна сумме продолжительностей работ, образующих данный путь:

$$L_{кр} = t_{(1,2)} + t_{(2,3)} + t_{(3,4)} + t_{(4,7)} + t_{(7,9)} + t_{(9,10)} = 10+17+7+8+2+2=46 \text{ (дней)}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диапазон применения сетевого планирования и управления весьма широк: от задач, касающихся деятельности отдельных лиц, до проектов, в которых участвуют сотни организаций и десятки тысяч людей (например, разработка и создание крупного территориально-промышленного комплекса).

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 сетевое планирование и управление является уже не просто одним из методов планирования, а автоматизированным методом управления производственным процессом.

Сетевые модели могут быть широко использованы на всех отечественных предприятиях при разработке как долгосрочных, так и текущих планов. Сетевое планирование позволяет не только определять потребность различных производственных ресурсов в будущем, но и координировать их рациональный расход в настоящем. С помощью сетевых графиков можно соединить в единую систему все материальные, трудовые, финансовые и многие другие ресурсы и средства производства и в идеальных (планируемых), и в реальных (существующих) экономических условиях.

Нужно сказать, что сетевое планирование представляет собой метод управления, основывающийся на использовании математического аппарата теории графов и системного подхода для отображения и алгоритмизации комплексов взаимосвязанных работ, действий или мероприятий для достижения четко поставленной цели. Главной целью сетевого планирования является сокращение до минимума продолжительности проекта или же минимизация затрачиваемых ресурсов. В основе сетевого планирования лежит построение сетевых диаграмм, а в основе построения сети лежат понятия "работа", "событие" и "путь".

В данной курсовой работе была описана сущность и назначение СПУ, основные элементы сетевой модели, а также решена задача по построению сетевого графика, был проведен его анализ, а также были рассчитаны ранние и поздние сроки завершения работ и резервы времени по работам и событиям, найден критический путь.

Итак, благодаря, проделанной работе мы видим, что сетевая модель позволяет нам

- четко представить структуру комплекса работ;
- выявить с любой степенью детализации их этапы и взаимосвязь;
- составить обоснованный план выполнения комплекса работ;
- более эффективно по заданному критерию использовать ресурсы;

- проводить многовариантный анализ разных решений с целью улучшения плана;
- использовать для обработки больших массивов информации компьютеры и компьютерные системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алесинская, Т.В. Учебное пособие по решению задач по курсу «Экономико-математические методы и модели»/ Т.В. Алесинская. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. - 153 с.
2. Заболотский, В.П. Математические модели в управлении: Учеб. Пособие / В.П. Заболотский, А.А. Оводенко, А.Г. Степанов; под ред. В.П. Заболотского. - СПб.: СПбГУАП, 2001. - 196с.
3. Исследование операций в экономике: Учеб.пособие для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин, М.Н. Фридман; под редакцией проф. Н.Ш. Кремера. - М.: ЮНИТИ, 2002. – 407с.
4. Методы сетевого планирования и управления проектом / Е.М. Кудрявцев. - М.: ДМК Пресс, 2005. – 240 с.
5. Миксюк, С.Ф. Экономико-математические методы и модели: Учеб. пособие / С.Ф. Миксюк, В.Н. Комков, И.В. Белько и др.; под общ. ред. С.Ф. Миксюк, В.Н. Комкова. - Мн.: БГЭУ, 2006. - 219 с.
6. Пелих, А.С. Экономико-математические методы и модели в управлении производством / А.С. Пелих, Л.Л. Терехов, Л.А. Терехова; под ред. А.С. Пелих. - Издательство: «Феникс», 2005. - 248 с.
7. Экономико-математические методы и модели: конспект лекций / Н.В. Новикова. - Мн., 2010. - 46 с.
8. Экономико-математические методы и модели: электронный учеб.-метод. комплекс для студентов юридического факультета / С.А. Марзан [и др.]; под ред. Н.Н. Сендера. - Брест: БрГУ им. А.С.Пушкина, 2011. - 605с.