

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР**

**КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА**

**ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА**

ЛИНЕЙНЫЕ И СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ

КУЙБЫШЕВ 1988

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева

ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Линейные и сетевые модели

У т в е р ж д е н о
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
для студентов

УДК 658.512

Методические указания относятся к разделу "Графические методы планирования и управления" учебного курса "Организация и планирование производства". В нем излагаются методы планирования технической подготовки производства с учетом последних достижений в этой области: методы построения и расчета линейных и сетевых моделей.

Методические указания помогут студентам и преподавателям лучше понять и изучить графические методы, лучше разобраться в новых, еще не описанных в учебниках, вопросах теории и практики сетевого и линейно-сетевого планирования.

Автор-составитель: к.э.н., доц. В.П.Г о л ь я н о в

Рецензенты: канд.техн.наук, доц. В.А.Г л а з у н о в,
канд.техн.наук, доц. В.Г.З а с к а н о в

На XXVII съезде КПСС с целью реализации стратегии ускорения социально-экономического развития нашей страны поставлена задача к 2000 году в 3-4 раза сократить сроки создания и освоения новых изделий. Одним из важнейших путей решения этой задачи является широкое использование графических методов и ЭВМ при управлении процессами создания и освоения новых изделий.

В настоящее время в учебной и научной литературе достаточно широко описаны лишь сетевые методы планирования и управления. Однако теория графических методов управления в последнее десятилетие бурно развивается: у нас в стране в конце 70-х годов открыт новый вид экономико-математических моделей, названных линейно-сетевыми; разработана теория их построения, расчета и оптимизации; успешно решен широкий круг вопросов практического их применения. Следует отметить, что эти вопросы пока еще не нашли отражения в учебной литературе, не достаточно они отражены и в научной литературе. Такое положение затрудняет их распространение и изучение.

Необходимо отметить, что и в теории сетевого планирования до сих пор имеются вопросы, слабо освещенные в литературе, — это методы построения сетевых моделей, — что также затрудняет их использование на практике.

Все это и вызвало необходимость публикации данного пособия для студентов высших учебных заведений.

Знание данных методов планирования и управления позволяет будущим специалистам лучше освоить методы управления процессами создания и освоения новых изделий и тем самым успешно решать задачи, поставленные партией и правительством по ускорению научно-технического прогресса.

В настоящее время известны три вида графических экономико-математических моделей: линейные, сетевые и линейно-сетевые. Их коренное различие состоит в количестве элементов. В линейной модели имеется всего лишь один элемент — работа. В сетевой модели два элемента — работа и событие. В линейно-сетевой модели три элемента — работа укрупненная (включающая), работа детализированная (входящая) и событие. Именно наличие дополнительных элементов у модели и дает ей новые специфические, только ей присущие свойства. В данном пособии в частях I и II, опубликованных отдельными брошюрами, рассматриваются эти три вида моделей в порядке возрастания их сложности.

1. ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ

Линейные модели были открыты в конце XIX века и являлись основной планировкой процессов разработки и освоения новых изделий до 60-х годов XX века. Другие названия линейных моделей - линейные графики, линейчатые графики, графики Ганта. Для построения линейного графика необходимо определить перечень работ, подлежащих выполнению, исполнителей и длительности цикла работ. После этого определяются сроки начала работ и они наносятся на календарь в виде прямых линий (табл. I).

Т а б л и ц а I

Пример (условный) линейного графика

№ п/п	Наименование работы	Ответственный исполнитель работы	Длительность цикла (дни)	Сроки выполнения работ (месяцы)			
				I	II	III	IV
1	Проектирование и выпуск чертежей	Конструкторский отдел	30	[Горизонтальная линия с штриховкой]			
2	Изготовление деталей	Механический цех № I	30			[Горизонтальная линия с штриховкой]	
3	Оформление договоров и заявок на поставку ПКИ	Отдел снабжения	25		[Горизонтальная линия с штриховкой]		
4	Изготовление и поставка ПКИ	Завод "А"	25			[Горизонтальная линия с штриховкой]	
5	Сборка и испытания изделия	Сборочный цех № 2I	30				[Горизонтальная линия с штриховкой]
6	Изготовление оснастки	Инструментальный отдел	20		[Горизонтальная линия с штриховкой]		
7	Проектирование оснастки	Отдел главного технолога	10		[Горизонтальная линия с штриховкой]		

Планирование на основе линейных графиков дает удовлетворительные результаты для относительно несложных изделий. Графики просты для понимания и не требуют специальной подготовки для их разработки и работы по ним.

Недостатки линейных графиков: плохо отражается взаимосвязь работ, в результате трудно осуществляется корректировка сроков выполнения работ.

2. СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ

2.1. Основные понятия теории сетевого планирования

Рост сложности создаваемых изделий привел к появлению в начале 60-х годов XX века сетевых моделей. Впервые наиболее успешно сетевые модели были применены в США при создании ракетного комплекса "Поларис". В сетевой модели, разработанной для этих целей, было до 10000 работ и до 6000 событий. Тем не менее, график был укрупненным, так как в работах комплекса принимало участие примерно 600 предприятий. Эффект применения сетевой модели для ракетного комплекса оказался поразительным: сроки создания комплекса были сокращены на 2 года. В результате военное ведомство США приняло решение, чтобы ни одно военное изделие не создавалось без применения сетевых моделей.

По сравнению с линейными моделями сетевые модели имеют следующие достоинства: обеспечивается четкий показ связей между работами, что облегчает корректировку планов работ; внимание руководителей можно сосредоточить на "узких местах", т.е. работах, от которых в основном зависит срок окончания планируемого процесса; создается возможность широкого применения экономико-математических методов и вычислительной техники.

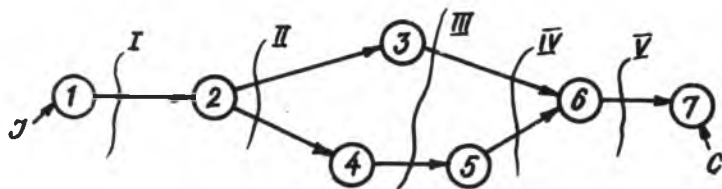
Существует несколько способов изображения сетевых моделей, но наиболее распространенными из них является способ, когда работа изображается стрелкой, а событие кружком.

Работа - это совокупность приемов, действий, связанных с затратами труда или времени (для естественных процессов). Известны три вида работ: а) собственно работа, требует затрат труда и времени, обозначается сплошной стрелкой \longrightarrow ; б) ожидание, требует только затрат времени, обозначается штрихпунктирной линией \dashrightarrow ; в) фиктивная работа (связь) - не требует ни затрат труда, ни затрат времени, обозначается пунктирной линией $\cdots\rightarrow$.

Стрелка на графике не имеет векторного смысла: ее длина, угол наклона и конфигурация вычерчиваются произвольно.

Событие - это момент времени, показывающий начало или окончание работы. Событие, характеризующее начало выполнения работ в сетевой модели (сетевом графике) называется и с х о д н ы м и обозначается буквой *J*. Событие, характеризующее окончание

выполнения работ в сетевой модели, называется задерживающим и обозначается буквой C (рис. I).



Р и с. I. Пример (условный) сетевой модели с событиями, пронумерованными с помощью метода "вычеркивания дуг"

Все события в модели обозначаются порядковыми номерами. Можно присвоить номера событиям в любом порядке. Но для расчета сетевой модели на ЭВМ более экономичными и менее трудоемкими алгоритмами сетевую модель необходимо упорядочить таким образом, чтобы у любой ее работы выполнялось условие $i < j$, т.е. шифр (номер) начального события i должен всегда быть меньше, чем номер последующего события j . Это можно обеспечить несколькими методами, но наиболее простым и универсальным является метод "вычеркивания дуг", описываемый в теории графов (в теории графов работы называются дугами, а события - вершинами графа).

Последовательность нумерации событий при методе "вычеркивания дуг" (см.рис. I): на I-м этапе вычеркиваются все работы, выходящие из исходного события; исходному событию присваивается номер I, всем событиям, у которых нет после вычеркивания входящих работ, ставятся следующие номера; затем вычеркиваются исходящие работы из вновь пронумерованных событий и событиям, которые остались без входящих работ, присваиваются следующие по порядку номера и т.д.

Любая последовательность работ в сетевом графике называется путем. Путь, начало которого совпадает с исходным событием, а конец - с завершающим, называется полным путем. Продолжительность любого пути равна сумме продолжительностей работ, лежащих на этом пути. Путь, имеющий наибольшую продолжительность, называется критическим и обозначается $L_{кр}$, а его длина $T_{кр}$. Критический путь на сетевой модели выделяется либо двойной, либо более утолщенной линией. Критический путь определяет срок выполнения всего комплекса работ и потому понятие критического пути является центральным в теории сетевого планирования

и управления. Именно понятие критического пути позволяет основное внимание руководителей направлять на те работы сетевой модели, которые лежат на критическом пути и от которых зависят сроки выполнения работ процесса в целом. В больших сетевых моделях таких работ не более 5-10 %.

Разработка сетевой модели на любой процесс осуществляется в такой последовательности:

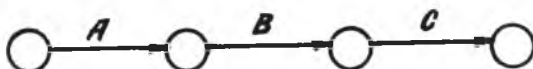
1. Построение сетевой модели и проверка правильности ее построения.
2. Определение трудоемкости и длительности цикла выполнения работ.
3. Расчет сетевой модели.
4. Анализ и оптимизация сетевой модели.

2.2. Правила и методы построения сетевых моделей

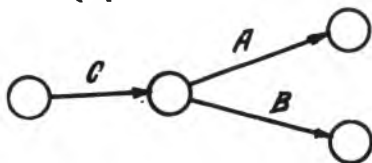
Существуют следующие правила построения сетевых моделей:

1. В графике должно быть одно исходное J и одно завершающее событие C .

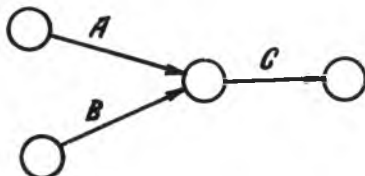
2. Если работы A , B , C выполняются последовательно, то это отображается следующим образом:



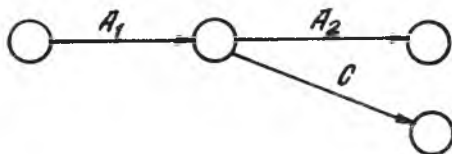
3. Если для работ A и B нужен результат работы C , то это изображается на графике



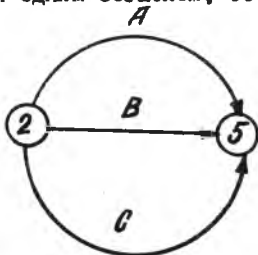
4. Если для работы C нужен результат работ A и B , то это изображается



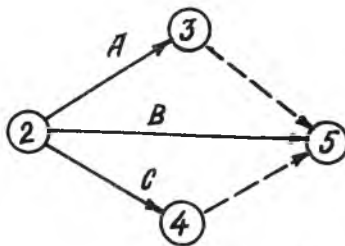
5. Если для работы С нужен промежуточный результат работы А, то это изображается так:



6. Если 2, 3 и более параллельных работ начинается и оканчивается одним событием, то вводятся фиктивные работы

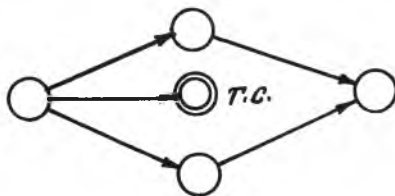


неправильно

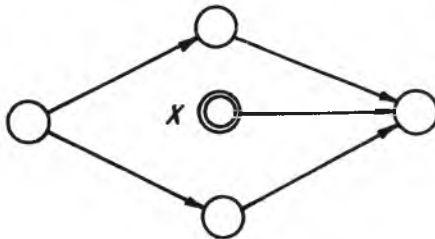


правильно

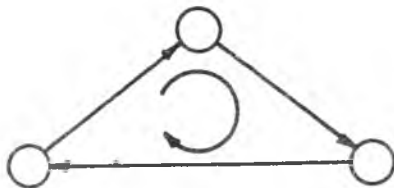
7. В графике не должно быть тупиковых событий (т.с.)



8. В графике не должно быть событий X, которым не предшествует никакой работы (за исключением исходного события)



9. В графике не должно быть замкнутых контуров



Знания правил построения сетевых моделей недостаточно для того, чтобы строить их. Для этого надо знать еще и методы построения сетевых моделей. В настоящее время известны следующие методы построения сетевых моделей:

- 1) "развертывание клубка";
- 2) преобразование циклового графика в сетевую модель;
- 3) сшивание сетевой модели из сетевых фрагментов;
- 4) ступенчатое дифференцирование (детализация);
- 5) сложение линейных моделей.

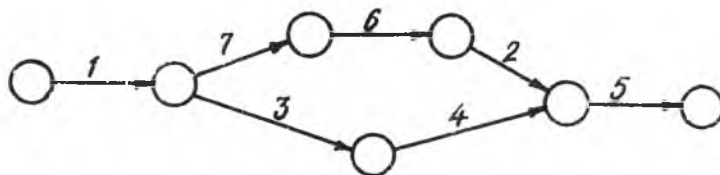
"Развертывание клубка"

1. Составляется перечень работ, которые необходимо выполнить.

2. Устанавливаются связи между работами, т.е. для каждой работы этого перечня определяется, результаты каких других работ перечня нужны для ее выполнения. Получается "клубок работ" со связями. Для работ линейной модели по табл.1 связи даны в табл.2.

№ п/п	Наименование работы	Ответственный исполнитель работы	Длительность цикла (дни)	Связь по предыдущим работам
1	Проектирование и выпуск чертежей	конструкторский отдел	30	0 (нет)
2	Изготовление деталей	механический цех № I	30	6-я
3	Оформление договоров и заявок на поставку ПКИ	отдел снабжения	25	1-я
4	Изготовление и поставка ПКИ	завод "1"	25	3-я
5	Сборка и испытания изделия	сборочный цех №2I	30	2-я, 4-я
6	Изготовление оснастки	инструментальный отдел	20	7-я
7	Проектирование оснастки	отдел главного технолога	10	1-я

3. Из полученного "клубка", начиная с исходного или завершающего события, разворачивается сетевая модель (рис.2).

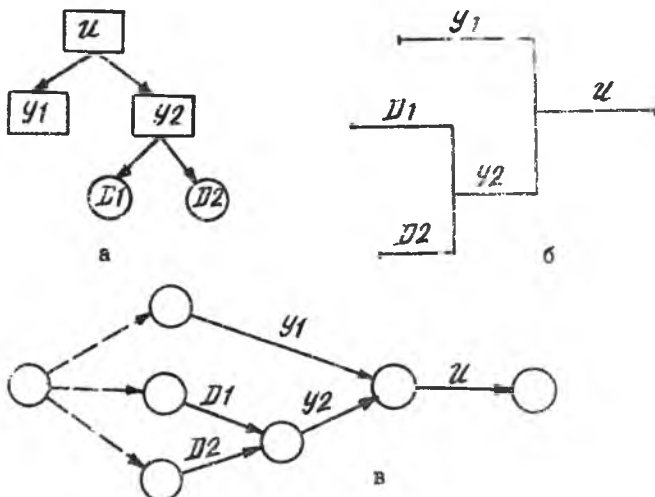


Р и с. 2. Сетевая модель, полученная по табл.2. Над работами даны их номера согласно табл.2

4. Делается проверка полученной сетевой модели на выполнение описанных в § 2.2 правил построения сетевой модели.

Преобразование циклового графика в сетевую модель

Дана схема сборки изделия, рис.3, а (в ней только оригинальные детали и узлы). По схеме сборки изделия строится цикловой график (рис.3, б). В цикловом графике в местах начала и окончания работ ставятся события, свободные начала работ соединяются с нулевым событием фиктивными работами, получается сетевой график (рис.3, в).



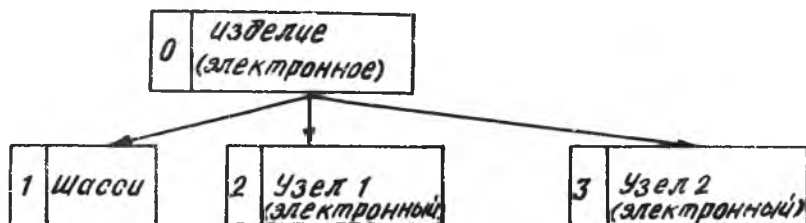
Р и с. 3. Преобразование циклового графика сборки изделия в сетевую модель: а - схема сборки изделия; б - цикловой график; в - сетевой график

Сшивание сетевой модели из сетевых фрагментов

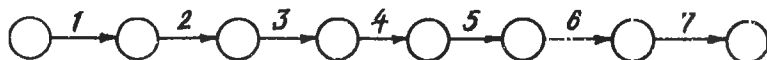
Составляются сетевые фрагменты (возможно типовые) одним из известных методов на элементы изделия, темы (агрегаты, узлы, детали, этапы, разделы и др.). Производится сшивание фрагментов по определенному закону, например, по схеме сборки изделия или по структурной схеме темы.

Ступенчатое дифференцирование

При использовании этого метода осуществляется последовательное ступенчатое разложение (детализация) комплекса работ по теме, изделие до необходимой степени детализации (дискретности). Например, для работ по проектированию изделия, структурная схема которого дана на рис.4, детализация вначале осуществляется по горизонтали (т.е. по этапам опытно-конструкторских работ), рис.5.



Р и с. 4. Структурная схема проектируемого изделия



Р и с. 5. Сетевая модель I-й ступени дифференцирования, детализированная до работ над этапами опытно-конструкторских работ (над стрелками работ поставлены номера этапов)

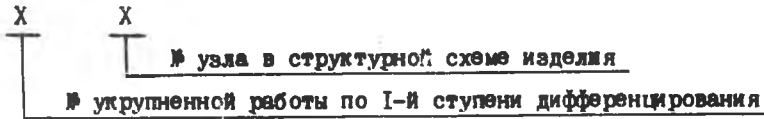
Этапы:

1. Разработка функциональной схемы изделия.
2. Разработка принципиальной электрической схемы узлов.
3. Разработка конструкций узлов.
4. Разработка технологии изготовления узлов.
5. Изготовление и испытание узлов.

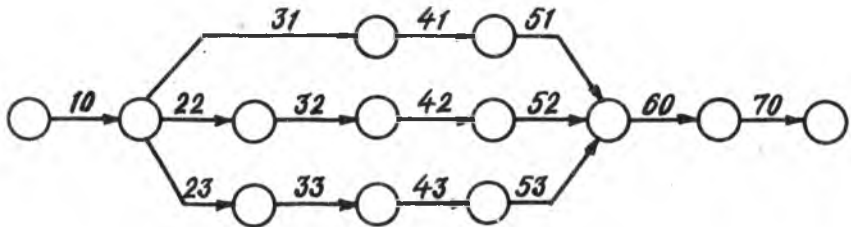
6. Сборка изделия в комплексе.

7. Оформление проекта.

На II-й ступени дифференцирования детализация работ осуществляется по вертикали (т.е. по элементам структурной схемы изделия). Для сокращения записей наименований работ на втором этапе вводится следующая их шифровка:



На рис.6 показана сетевая модель II-й ступени дифференцирования.



Р и с.6. Сетевая модель II-й ступени дифференцирования, детализованная до работ над элементами структурной схемы изделия

Возможна дальнейшая детализация сетевой модели до требуемой степени дискретности. Причем дальнейшая детализация проводится также вначале по горизонтали, а затем по вертикали.

Сложение линейных моделей

Такая задача возникает при построении укрупненного сетевого графика на изготовление нового изделия. Построение осуществляется в такой последовательности:

1. Одноименные по какому-либо признаку (цех-изготовитель, ступень вхождения и др.) работы по изготовлению деталей и узлов изделия объединяются в группы. Каждая группа работ заменяется соответствующей ей укрупненной работой.

2. Определяются связи между полученными укрупненными работами.

3. Используется метод "развертывания клубка", в результате чего получается укрупненный сетевой график изготовления нового изделия. Если сложение линейных моделей осуществляется на матрице, в столбцах и строках которой отражены признаки связей работ (цехи-изготовители, ступени вхождения), то это упрощает задачу построения укрупненного сетевого графика, так как строки и столбцы матрицы будут отражать связи между работами сетевой модели.

2.3. Методы расчета сетевых моделей

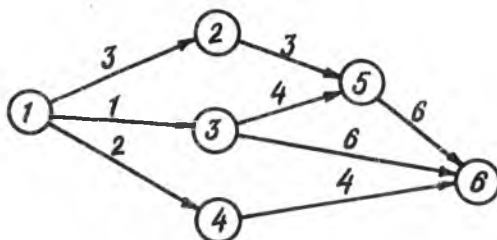
Существует много методов расчета сетевых моделей, но наибольший интерес среди них представляют следующие три метода:

расчет по сетевой модели;

табличный метод расчета;

расчет по матрице событий сетевой модели.

Все эти три метода рассмотрим на примере сетевой модели (рис.7).



Р и с. 7. Сетевая модель с циклами работ

Метод расчета по сетевой модели

При этом методе рассчитываются временные параметры событий:

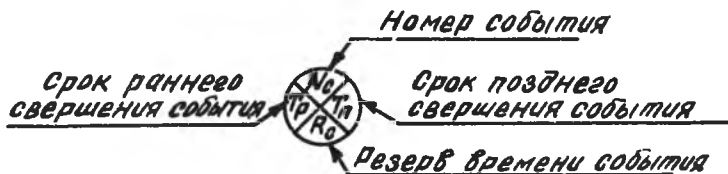
T_p - срок раннего свершения события;

T_n - срок позднего свершения события;

R_c - резерв времени события.

При необходимости по формулам могут быть рассчитаны и временные параметры работ.

Для расчета сетевая модель вычерчивается с событиями большого радиуса, разделенными на четыре сектора, в каждом секторе записываются следующие данные:



Расчет ранних сроков свершения событий ведется от исходного события к конечному. Срок раннего свершения исходного события равен нулю. Срок раннего свершения прочих событий определится по формуле

$$T_{pj} = \max(T_{pi} + t_{ij}),$$

где T_{pj} , T_{pi} - срок раннего свершения, соответственно, последующего j и предыдущего i события;
 t_{ij} - длительность цикла работы, лежащей между этими событиями.

Сроки позднего свершения событий рассчитываются от конечного события к исходному. Срок позднего свершения конечного события равен сроку его раннего свершения и длительности критического пути. Сроки позднего свершения прочих событий определяются по формуле

$$T_{pi} = \min(T_{pj} - t_{ij}),$$

где T_{pi} , T_{pj} - сроки позднего свершения, соответственно, предыдущего i и последующего j события.

Резерв времени событий определяется по формуле

$$R_{ci} = T_{pi} - T_{pi}.$$

Пример расчета сетевой модели данным методом дан на рис.8.

Табличный метод расчета сетевой модели

Расчет сетевой модели рис.7 табличным методом дан в табл.3.

При этом методе рассчитываются временные параметры работ:

$t_{pn}(ij)$ - срок раннего начала работы;

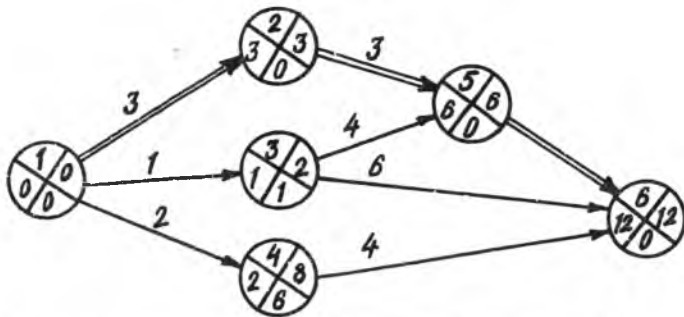
$t_{po}(ij)$ - срок раннего окончания работы;

$t_{no}(ij)$ - срок позднего окончания работы;

$t_{nn}(ij)$ - срок позднего начала работы;

$R_n(ij)$ - полный резерв времени работы;

$R_{св}(ij)$ - свободный резерв времени работы.



Р и с. 8. Пример расчета по сетевой модели временных параметров событий

1. Расчет $t_{рн}(ij)$ и $t_{ро}(ij)$ ведется по таблице сверху вниз:

а) срок раннего начала работы, начинающейся с исходного события, равен нулю. Например, $t_{рн}(1-2) = t_{рн}(1-3) = t_{рн}(1-4) = 0$;

б) сроки раннего окончания всех работ определяются по формуле $t_{ро}(ij) = t_{рн}(ij) + t(ij)$. Например, $t_{ро}(1-2) = t_{рн}(1-2) + t(1-2) = 3 + 0 = 3$;

в) сроки раннего начала работ, не начинающихся с исходного события, берутся равными максимальному значению срока раннего окончания работ, оканчивающихся на такое же событие. Например, если $t_{ро}(2-5) = 6$ и $t_{ро}(3-5) = 5$, то $t_{рн}(5-6) = 6$.

2. Расчет $t_{пн}(ij)$ и $t_{по}(ij)$ ведется по таблице снизу вверх:

а) срок позднего окончания работ, оканчивающихся конечным событием, равен максимальной величине срока раннего окончания работ, оканчивающихся конечным событием. Например, $t_{по}(3-6) = t_{по}(4-6) = t_{по}(5-6) = t_{ро}(5-6) = 12$;

б) срок позднего начала работ определится по формуле $t_{пн}(ij) = t_{по}(ij) - t(ij)$.

Например, $t_{пн}(5-6) = t_{по}(5-6) - t(5-6) = 12 - 6 = 6$;

в) срок позднего окончания работ, оканчивающихся другими событиями (не конечным событием), будет равен минимальному значению срока позднего начала работ, начинающихся с этого же события. Например, $t_{пн}(3-5) = 2$, $t_{пн}(3-6) = 6$, следовательно $t_{по}(1-3) = 2$

3. Расчет полного резерва времени работ ведется по формуле

$$R_n(i,j) = t_{no}(i,j) - t_{po}(i,j).$$

Например, $R_n(1-4) = t_{no}(1-4) - t_{po}(1-4) = 8 - 2 = 6$.

4. Расчет свободного резерва времени ведется по правилу параллелограмма: для работы 3-5 (конечное событие 5), для которой определяется свободный резерв времени, ищется работа с аналогичным начальным событием (например, 5-6). Тогда свободный резерв времени работы определится по формуле $R_{об}(3-5) = t_{pn}(5-6) - t_{po}(3-5) = 6 - 5 = 1$. Для работ, оканчивающихся завершающим событием сетевой модели, пишется дополнительная последняя строка в таблице: $i = c = 6$ и $t_{pn}(c) = t_{po}(i-c) = 12$.

Т а б л и ц а 3

Расчет сетевой модели табличным методом

i	j	t_{ij}	$t_{pn}(i,j)$	$t_{po}(i,j)$	$t_{pn}(i,j)$	$t_{no}(i,j)$	$R_n(i,j)$	$R_{об}(i,j)$
1	2	3	0	3	0	3	0	0
1	3	1	0	1	1	2	1	0
1	4	2	0	2	6	8	6	0
2	5	3	3	6	3	6	0	0
3	5	4	1	5	2	6	1	1
3	6	6	1	7	6	12	5	5
4	6	4	2	6	8	12	6	6
5	6	6	6	12	6	12	0	0
6			12					

Матричный метод расчета сетевой модели

При этом методе рассчитываются временные параметры событий сетевой модели:

T_p - ранний срок свершения событий;

T_n - поздний срок свершения событий;

R_c - резерв времени событий.

Для расчета сетевой модели матричным методом строится матрица связей, число строк и столбцов которой равно количеству событий в сетевой модели. Столбцы и строки - это события сетевой моде-

ли. На пересечении i -й строки и j -го столбца ставится цикл работы, проходящей между этими событиями в сетевой модели. Все циклы работ должны быть расположены над диагональю. Если это условие не выполняется, то матрица преобразовывается путем перестановки очередности строк и столбцов с целью обеспечения обязательного выполнения этого условия.

1. Расчет ранних сроков свершения событий ведется от начала диагонали вниз по ней. Значения сроков раннего свершения событий ставятся над диагональю, на пересечении соответствующей графы и столбца:

а) для первого (исходного) события срок раннего свершения принимается равным нулю;

б) для всех других событий при вычислении срока их раннего свершения определяется сумма цифры на диагонали и цифры на пересечении этой же строки и графы данного события. Например, для 2-го события получим $0 + 3 = 3$; для 3-го события - $0 + 1 = 1$; для 4-го события - $0 + 2 = 2$. Результат ставится над диагональю в соответствующем событию столбце. Если в столбце несколько цифр, отражающих наличие работ, то для каждой из них в отдельности определяется срок раннего свершения и из полученных значений максимальное ставится на диагонали соответствующего столбца. Например, для 6-го столбца: в 3-й строке $1 + 6 = 7$, в 4-й строке $2 + 4 = 6$, в 5-й строке $6 + 6 = 12$. Из сравнения берется максимальное значение, равное 12 и ставится над диагональю на пересечении 6-го столбца и 6-й строки. Результаты расчета даны в табл.4.

Т а б л и ц а 4
Расчет сетевой модели рис.7 матричным методом

Номер строки	Номер столбца					
	1	2	3	4	5	6
1	0	3	1	2		
2		3			3	
3			2	1	4	6
4				2		4
5					6	6
6						12

2. Расчет поздних сроков свершения событий ведется с конца диагонали вверх и влево по ней. Значения сроков раннего свершения событий ставятся под диагональю, на пересечении соответствующей графы и столбца:

а) для последнего (завершающего) события ставится поздний срок его свершения, равный сроку раннего свершения, т.е. $T_{пс} = T_{рс} = T_2$;

б) для всех других событий срок позднего свершения определяется как разность цифры под диагональю и цифры в этом же столбце. Например, для 5-й строки $T_2 - 6 = 6$, для 4-й - $T_2 - 4 = 8$. Если в строке несколько цифр, отражающих наличие работы, то для каждой из них определяется срок позднего свершения события и из полученных значений берется минимальное. Например, для 3-й строки в 6-м столбце получим $T_2 - 6 = 6$, в 5-м - $6 - 4 = 2$. Из сравнения этих результатов берем минимальное значение, равное 2, оно и ставится под диагональю на пересечении 3-го столбца и 3-й строки.

3. Резерв времени событий определяется по формуле

$$R_n(i) = T_n(i) - T_p(i),$$

т.е. для каждого события из результата под диагональю вычитается результат над ней.

2.4. Анализ и оптимизация сетевых моделей

Существует много подходов к оптимизации сетевых моделей, тем не менее можно сказать, что задача оптимизации сетевых моделей точными математическими методами, позволяющими осуществлять ее на ЭВМ, до настоящего времени остается не решенной. Имеются сравнительно точные методы оптимизации сетевых моделей по одному ресурсу. Но дело в том, что для процессов создания и освоения новых изделий, как правило, требуется большое количество самых разнообразных ресурсов (различные виды оборудования и аппаратуры, производственные площади, исполнители самых различных профессий и квалификации и т.д.), т.е. требуется решение многоресурсных задач. Но, во-первых, методы многоресурсной оптимизации практически отсутствуют, во-вторых, все существующие методы оптимизации сетевых моделей не дают фактического потребления ресурсов в соответствии с действием возмущений на процесс создания и освоения новых изделий. В связи с этим в практике планирования процессов создания и освоения новых изделий, как правило, используются либо эвристические методы, либо методы многоресурсной оптимизации сетевых моделей.

В настоящей работе рассматривается подход, описанный в "Основных положениях по сетевому планированию и управлению", согласно которым оптимизация проводится в два этапа:

- оптимизация по фактору времени;
- оптимизация по фактору трудоемкости.

При оптимизации по фактору времени проверяется выполнение условия $T_{кр} \leq D_{ср}$, где $T_{кр}$ - продолжительность критического пути, полученная при расчете сетевой модели; $D_{ср}$ - директивный срок выполнения работ, заданный вышестоящей организацией. Для проверки выполнения данного неравенства директивный срок $D_{ср}$ переводится из календарных дней в рабочие дни.

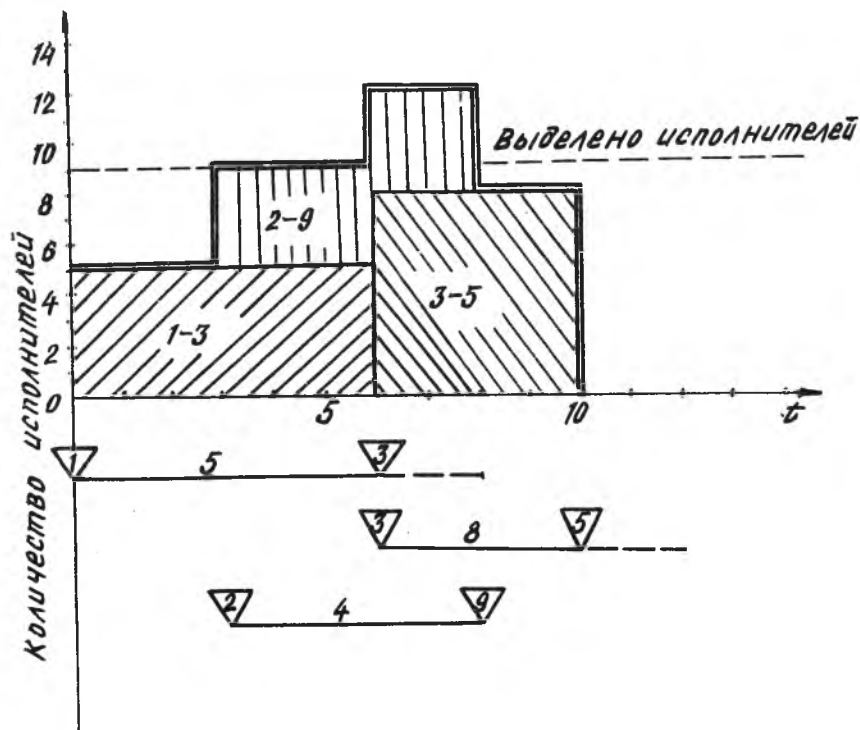
Если условие $T_{кр} \leq D_{ср}$ выполняется, то переходят к следующему этапу, оптимизация сетевой модели по фактору трудоемкости. Если условие не выполняется, т.е. $T_{кр} > D_{ср}$, то принимаются меры по сокращению продолжительности критического пути. При этом имеющиеся ресурсы на выполнение работ могут условно считаться неограниченными. При оптимизации по фактору времени необходимо сокращать циклы работ, лежащих на критическом пути. Это можно сделать следующим образом:

1. Перевести, если это возможно, часть исполнителей с работ, имеющих резервы времени, на работы критического пути.
2. Организовать выполнение работ, лежащих на критическом пути, в две или три смены или сверхурочные работы.
3. Ввести на работах критического пути более эффективную систему материального стимулирования, диспетчирования и др.

После оптимизации сетевой модели по фактору времени делается ее перерасчет и затем повторная проверка условия $T_{кр} \leq D_{ср}$. Если условие не выполняется, то оптимизация повторяется. Таким образом, оптимизация и перерасчет сетевой модели циклически повторяются до выполнения условия $T_{кр} \leq D_{ср}$.

После оптимизации сетевой модели по фактору времени сроки выполнения работ переводятся в даты согласно рабочему календарю для предприятия. Затем производится анализ загрузки мощностей и оптимизация сетевой модели по фактору трудоемкости. Для этого строится график загрузки мощностей: исполнителей (по группам исполнителей) или оборудования (по группам оборудования) и др. График загрузки мощностей может строиться либо единым на все виды мощностей, либо на каждый вид мощности в отдельности (по ведущим группам исполнителей, по ведущим видам оборудования и др.).

В нижней части диаграммы на календарь согласно ранним срокам начала и окончания наносятся работы сетевой модели с резервами. Для каждого вида мощностей строится своя диаграмма загрузки, поэтому выбираются из сетевой модели работы, требующие только данного вида ресурсов. В верхней части диаграммы показывается загрузка мощностей путем наложения потребных ресурсов по каждой работе и их суммирования, рис.9.



Р и с. 9. Пример построения диаграммы загрузки мощностей для одной из групп исполнителей. Над работами поставлено количество исполнителей, потребное для ее выполнения в указанные сроки

В верхней части диаграммы показываются также имеющиеся в наличии или выделенные мощности, в пределах которых и проводится оптимизация сетевой модели.

Для оптимизации сетевой модели по фактору трудоемкости применяются те же меры, что и при оптимизации по фактору времени. Но дополнительно могут быть применены и такие меры:

1. Перенос работы вправо в пределах указанного у работы резерва времени.
2. Деление работы на 2, 3 и более частей и разнесение этих частей в пределах длительности цикла самой работы и принадлежащего ей резерва времени.

Если оптимизировать график загрузки мощностей не удастся, то он остается без изменения. Он является рабочим документом, по которому руководитель может видеть, как загружены мощности (исполнители, оборудование) данной темой и другими темами и можно ли перемещать их с одной темы на другую.

Библиографический список

1. Материалы XXVII съезда КПСС. М.:Изд-во полит.литературы, 1986.
2. Гольянов В.П., Малохатко Н.Г., Оглезнев Н.А. Линейно-сетевой метод управления предприятием. Куйбышев: Куйбышевское книжное изд-во, 1981.
3. Тихомирова Б.В. Экономика и организация производства в радиоэлектронной промышленности. М.:Советское радио, 1971.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение.	3
1. Линейные модели.	4
2. Сетевые модели.. . . .	5
2.1. Основные понятия теории сетевого планирования	5
2.2. Правила и методы построения сетевых моделей	7
2.3. Методы расчета сетевых моделей.	13
2.4. Анализ и оптимизация сетевых моделей.	18
Библиографический список	21

Автор-составитель Владимир Петрович Г о л ь я н о в

ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА
Часть I. Линейные и сетевые модели

Редактор Е.Г.Ф и л и п п о в а

Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к

Корректор О.Ю.Н е н а ш е в а

Подписано в печать 17.10.88 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага оберточная белая. Печать оперативная.

Усл.п.л. 1,4. Уч.-изд.л. 1,2. Т.500 экз.

Заказ № 7287. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева. 443001 Куйбышев,
ул.Мологвардейская, 151.

Типография имени В.П.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. Куйбышев, ул.Венцека, 60.