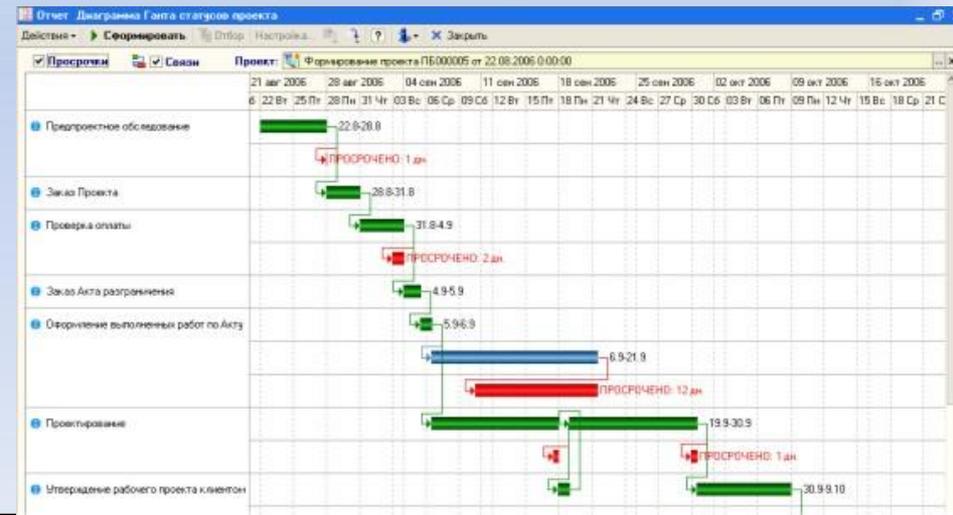
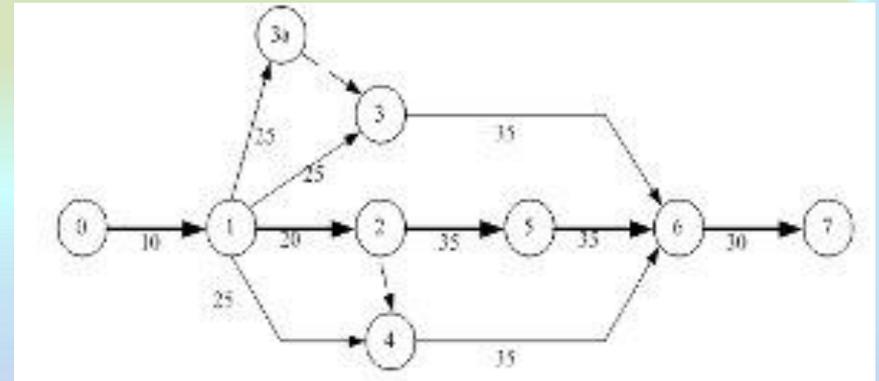


Методы сетевого планирования

Планирование и анализ проектов



Под **проектом** понимают **совокупность операций** (заданий, работ), которые нужно выполнить для достижения поставленной цели **в ограниченное время** при **ограниченных** материальных, людских и финансовых **ресурсах**.

Проектом может быть:

- разработка нового продукта;
- разработка производственного или технологического процесса;
- строительство предприятия, здания или сооружения;
- ремонт сложного оборудования и т.д.

Сложные проекты могут содержать тысячи различных операций, требующие различных затрат времени и ресурсов.

При реализации проекта составляется **график выполнения работ**.

Для того чтобы проект был завершен вовремя, необходимо контролировать **сроки выполнения** этих работ.

Усложняющим фактором является то, что работы взаимосвязаны.

Некоторые операции должны обязательно следовать одна за другой и не могут начаться, пока предшествующие работы не будут завершены, другие – могут выполняться независимо и параллельно.

Отсрочка начала работ или задержка их завершения для некоторых операций могут привести к удлинению проекта в целом, но могут и не повлиять на срок выполнения проекта.



Пример 1. Реконструкция торгового центра



Департамент строительства рассматривает возможность реконструкции торгового центра.

После сноса старых палаток проектом предусматривается строительство павильона для сдачи в аренду торговым фирмам.

Известны работы, которые необходимо выполнить при реализации проекта, а также их взаимосвязь и время выполнения.

За какое **минимальное время** можно выполнить проект? Какие работы являются **критическими**?

Содержание и последовательность работ

Работа	Содержание работы	Непосредственно предшествующие работы	Время выполнения работы
A	Подготовить архитектурный проект	--	5
B	Определить будущих арендаторов	--	6
C	Подготовить проспект для арендаторов	A	4
D	Выбрать подрядчика	A	3
E	Подготовить документы для получения разрешения на строительство	A	1
F	Получить разрешение на строительство	E	4
G	Осуществить строительство	D, F	14
H	Заклучить контракты с	B, C	12

Планирование, мониторинг и управление сложным проектом, правильное распределение ресурсов, выявление «критических» операций, определяющих срок завершения проекта в целом, трудно проводить без специальных методик и инструментов количественного анализа, основная цель которых заключается в том, чтобы сократить до минимума продолжительность проекта, а также без специальных программных средств.

Основные методики сетевого планирования

Наиболее известны следующие методики количественного анализа проектов, применяемые для контроля сроков выполнения проекта:

□ построение **диаграммы Ганта**;

□ **Метод критического пути** (Critical Path Method, **CPM**) – для анализа проектов, в которых известна длительность всех входящих работ;

□ **Метод оценки и анализа плана** (Program Evaluation and Review Technique, **PERT**) – анализ проектов, длительность отдельных стадий в которых известна лишь с определенной вероятностью.

Диаграмма Ганта для примера 1

Работа	Непосредственно предшествующие работы	Время выполнения работы
A	--	5
B	--	6
C	A	4
D	A	3
E	A	1
F	E	4
G	D, F	14
H	B, C	12
J	G, H	2

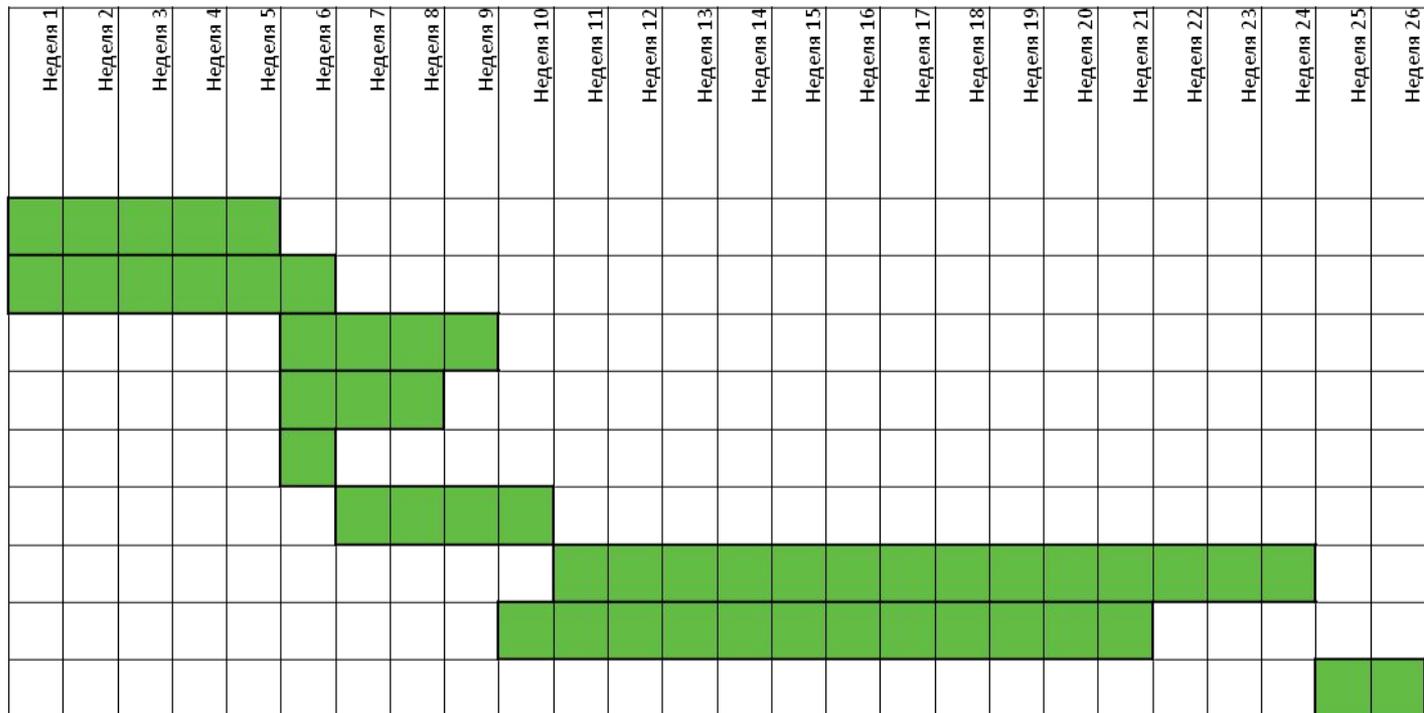




Диаграмма Ганта

Названа в честь Генри Ганта (1861-1919), соратника «отца научного менеджмента» Фредерика Тейлора (1856-1915).

Генри Лоренс Гант (Henry Laurence Gantt) (1861-1919) был американским инженером-механиком и консультантом по вопросам управления. Гант изучал менеджмент на примере постройки кораблей во время I мировой войны и предложил свою диаграмму в 1910-х годах, как средство для представления длительности и последовательности работ в проекте.

Диаграмма Ганта

Диаграмма Ганта оказалась мощным аналитическим инструментом, и в течение почти ста лет не изменялась. Лишь в начале 1990-х для более подробного описания взаимосвязей в нее были добавлены линии связи между задачами.

Диаграммы Ганта использовались для работы над крупнейшими инфраструктурными проектами, включая плотины Гувера и системы скоростных шоссе в США, и продолжают оставаться важнейшим инструментом в управлении проектами.

Диаграмма Ганта

Диаграмма Ганта до сих пор остается важным инструментом управления, она обеспечивает графическое отображение плана работ, удобное для контроля и отслеживания прогресса выполненных задач.

Сегодня классическую диаграмму Ганта дополняют ее современные вариации - метод критического пути (СРМ) и метод оценки и анализа плана (PERT)

Методы сетевого планирования

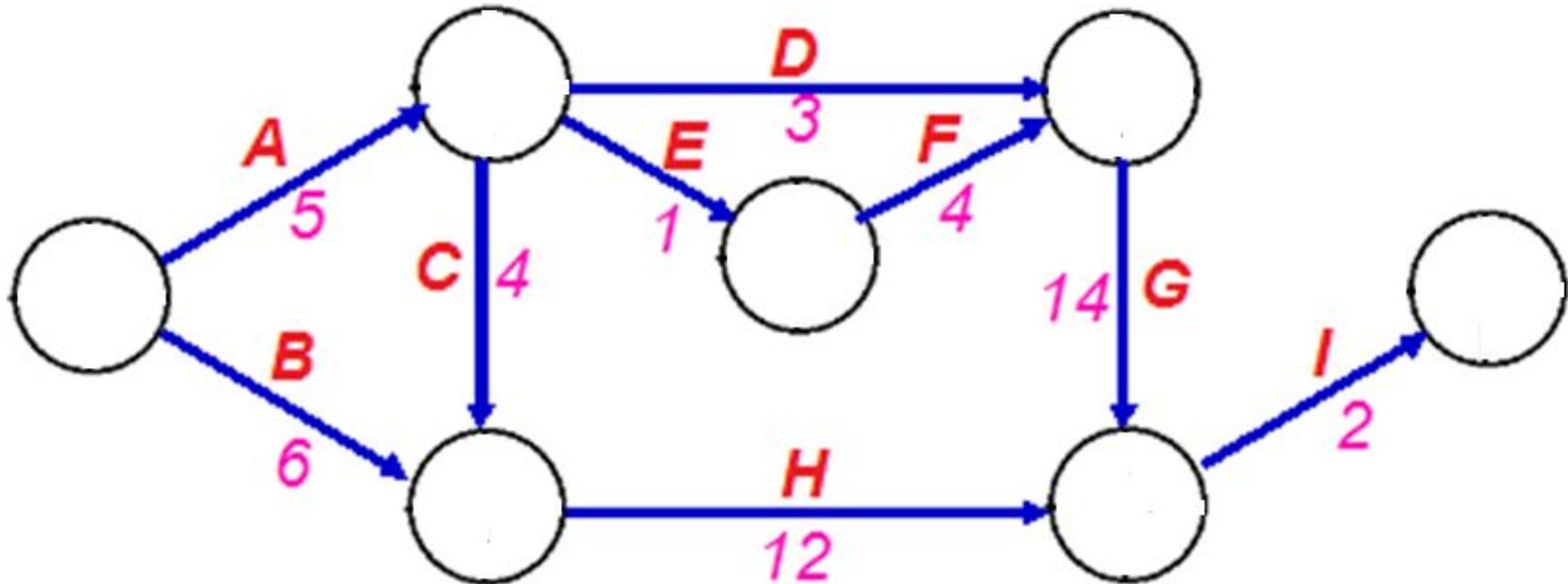
Метод критического пути СРМ и метод оценки и анализа (пересмотра) планов PERT были разработаны практически одновременно и независимо.

СРМ разработан в 1956 году для составления планов-графиков крупных комплексов работ по модернизации заводов фирмы "Дюпон".

PERT разработан корпорацией "Локхид" и консалтинговой фирмой "Буз, Аллен энд Гамильтон" для реализации крупного проекта разработки ракетной системы "Поларис".

Метод критического пути

Работа	Непосредственно предшествующие работы	Время работы
A	--	5
B	--	6
C	A	4
D	A	3
E	A	1
F	E	4
G	D, F	14
H	B, C	12
J	G, H	2



Один из возможных сетевых графиков для примера 1

Основные определения

Работа – это некоторый процесс, приводящий к достижению определенного результата, требующий затрат каких-либо ресурсов и имеющий протяженность во времени.

По количеству затрачиваемого времени работа может быть:

- **действительной**, требующей затрат времени;
- **фиктивной**, не требующей затрат времени.

Фиктивная работа может реально существовать, например, "передача документов от одного отдела к другому". Если продолжительность такой работы несоизмеримо мала по сравнению с продолжительностью других работ проекта, то формально ее принимают равной **0**.

Основные определения

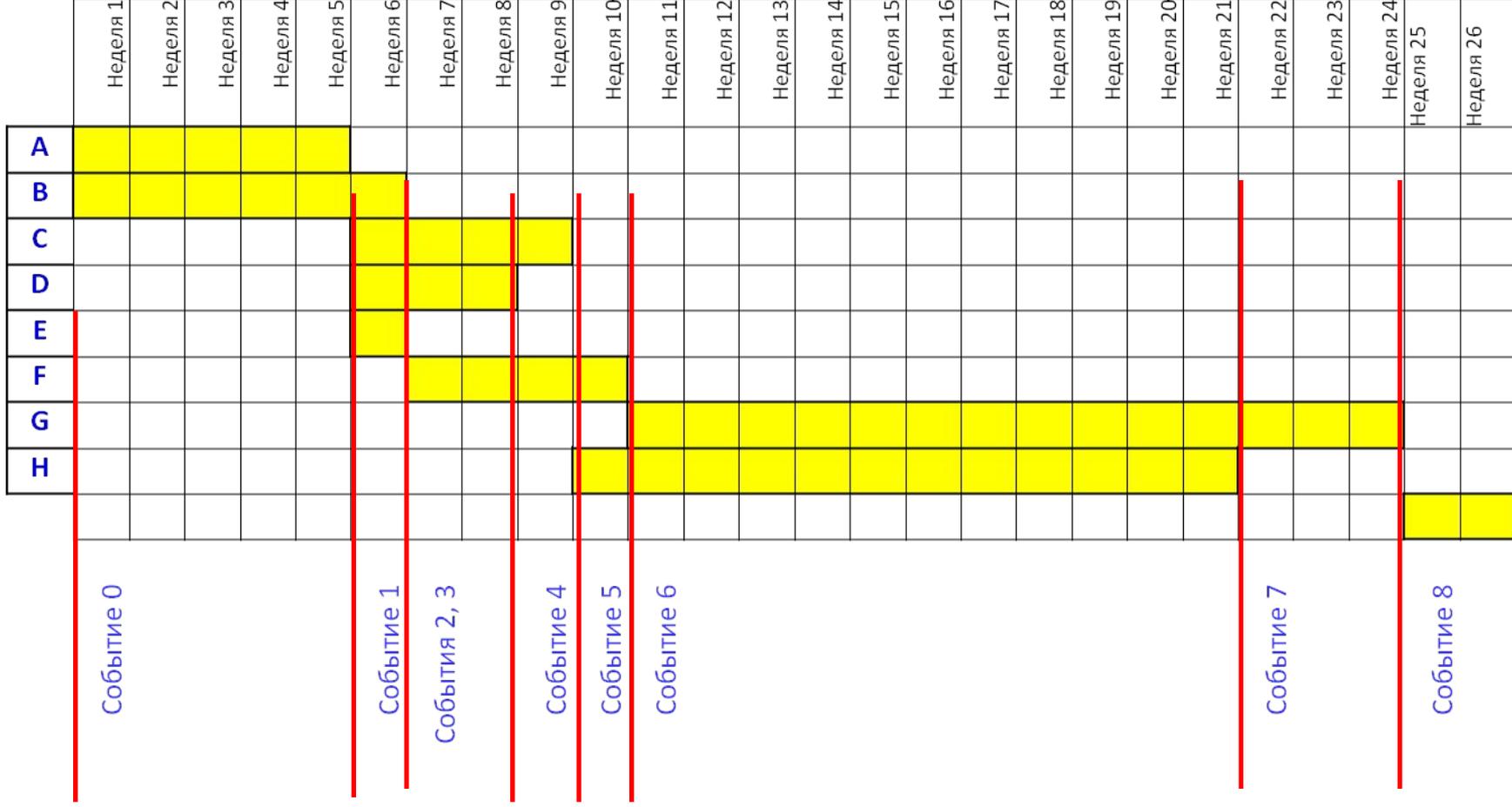
Событие – это момент времени, когда завершаются одни работы и начинаются другие.

Событие представляет собой **результат** проведенных работ и, в отличие от работ, не имеет протяженности во времени.

Взаимосвязь работ и событий, необходимых для достижения конечной цели проекта, изображается с помощью **сетевого графика** (сетевой модели).

Работы изображаются **стрелками**, которые соединяют **вершины** изображающие

События в примере 1



Основные определения

Путь – это последовательность работ в сетевом графике (в частном случае это одна работа), в которой конечное событие одной работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы.

Полный путь – это путь от исходного до завершающего события.

Критический путь – максимальный по продолжительности полный путь. Работы, лежащие на критическом пути, называют **критическими**. Критические работы имеют нулевые свободные и полные резервы.

Подкритический путь – полный путь, ближайший по длительности к критическому пути.

При построении сетевого графика необходимо следовать следующим правилам:

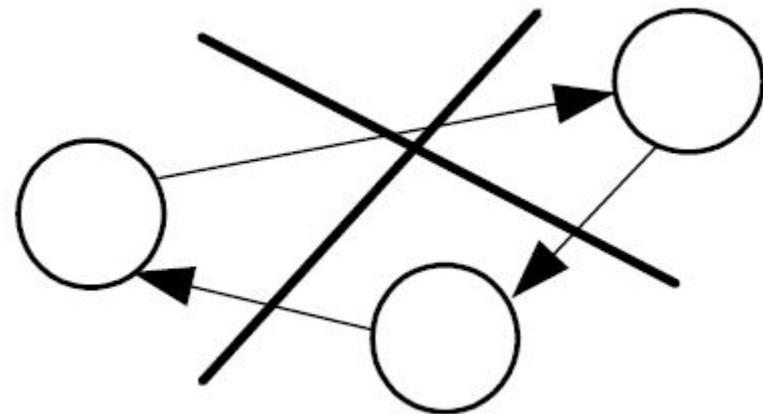
- длина стрелки не зависит от времени выполнения работы;
- стрелка может не быть прямолинейным отрезком;
- для действительных работ используются сплошные, а для фиктивных – пунктирные стрелки;
- каждая операция должна быть представлена только одной стрелкой;

При построении сетевого графика необходимо следовать следующим правилам:

- между одними и теми же событиями не должно быть **параллельных** работ, т.е. работ с одинаковыми кодами;
- следует избегать пересечения стрелок;
- не должно быть стрелок, направленных справа налево;
- номер начального события должен быть меньше номера конечного события;

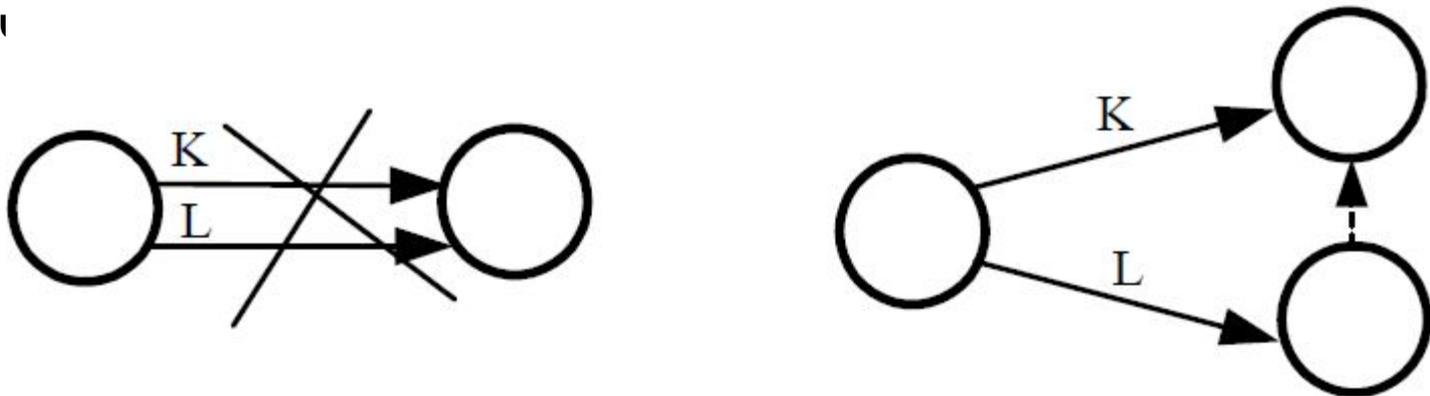
При построении сетевого графика
необходимо следовать следующим
правилам:

- не должно быть **висячих событий** (т.е. не имеющих предшествующих событий), кроме исходного;
- не должно быть **тупиковых событий** (т.е. не имеющих последующих событий), кроме завершающего;
- не должно быть циклов

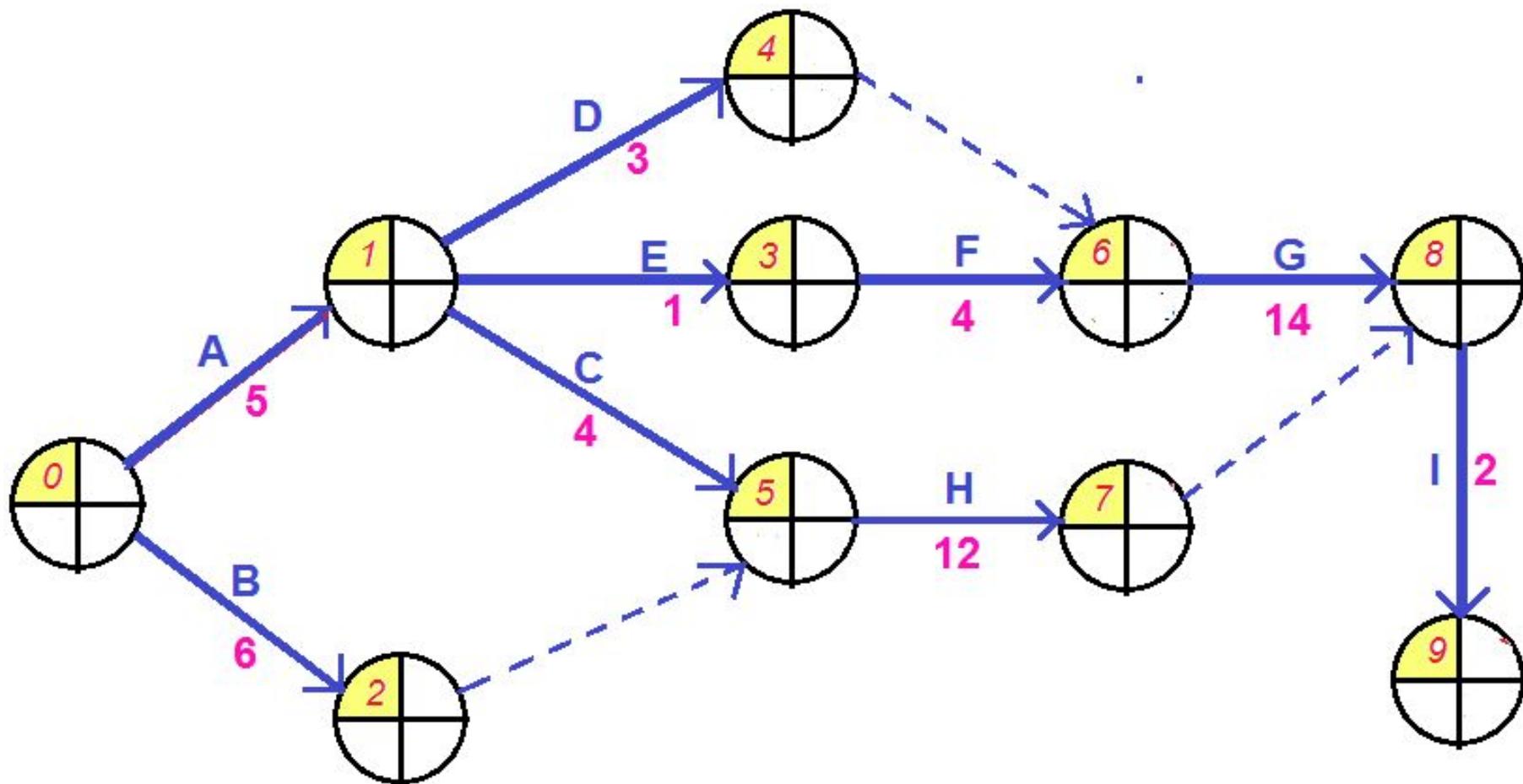


При построении сетевого графика необходимо следовать следующим правилам:

Если, согласно условию, несколько работ имеют общее начальное и общее конечное события, то они являются *параллельными*, имеют *одинаковый код*, что недопустимо. Для устранения параллельности работ вводят **дополнительное событие** и **фиктивную работу** (которой в реальности не соответствует никакое действие) таким образом, чтобы конечные события работ были *различными*.



Сетевой график к примеру 1 с учетом событий



Расчет и анализ сетевых моделей по методу критического пути (СРМ)

Календарное планирование предусматривает определение моментов начала и окончания каждой работы и других временных характеристик сетевого графика.

Это позволяет проанализировать сетевую модель, выявить критические работы, определяющие срок выполнения проекта, провести оптимизацию использования ресурсов (временных, финансовых, человеческой)

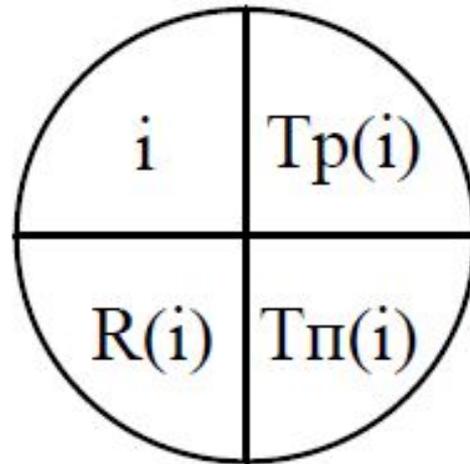
**Расчет сетевой модели начинают с
временных параметров событий,
которые вписывают
непосредственно в вершины
 сетевого графика**

Тр(i) – ранний срок наступления события i , минимально необходимый для выполнения всех работ, которые предшествуют событию i ;

Тп(i) – поздний срок наступления события i , превышение которого вызовет аналогичную задержку наступления завершающего события сети;

Временные параметры событий

R(i) = $T_{п}(i) - T_{р}(i)$ – резерв события i , т.е. время, на которое может быть отсрочено наступление события i без нарушения сроков завершения проекта в целом.



Ранние сроки свершения событий

$T_p(i)$

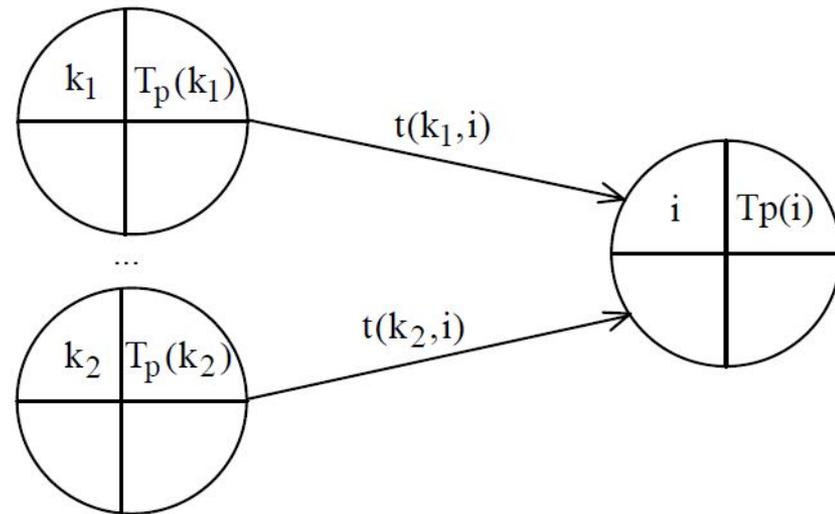
Рассчитываются от исходного (И) к завершающему (З) событию следующим образом:

- 1) для исходного события $T_p(I) = 0$;
- 2) для всех остальных событий i

$$T_p(i) = \max_{\forall(k,i)} [T_p(k) + t(k,i)],$$

где максимум берется по всем работам (k,i) , входящим в событие i ;

$t(k,i)$ – длительность работы (k,i)



Поздние сроки свершения событий

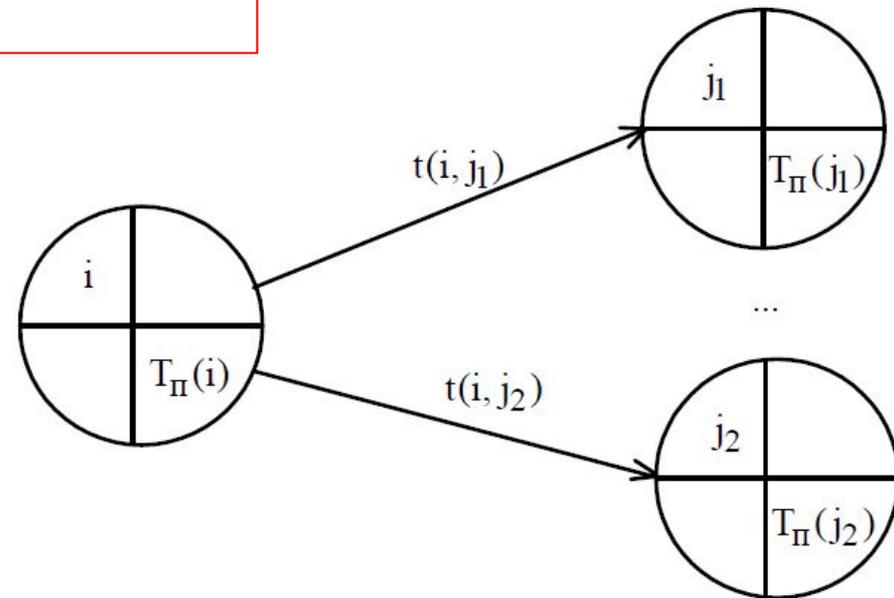
$T_{\Pi}(i)$

Рассчитываются от завершающего к исходному событию:

1) для завершающего события 3 $T_{\Pi}(3) = T_r(3)$;

2) для $T_{\Pi}(i) = \min_{\forall(i,j)} [T_{\Pi}(j) - t(i,j)]$, j

где минимум берется по всем работам (i, j) , выходящим из события i ; $t(k,i)$ – длительность работы



Временные параметры работ определяются на основе ранних и поздних сроков событий:

$T_{рн}(i, j) = T_{р}(i)$ – ранний срок начала работы;

$T_{ро}(i, j) = T_{р}(i) + t(i, j)$ – ранний срок окончания работы;

$T_{по}(i, j) = T_{п}(j)$ – поздний срок окончания работы;

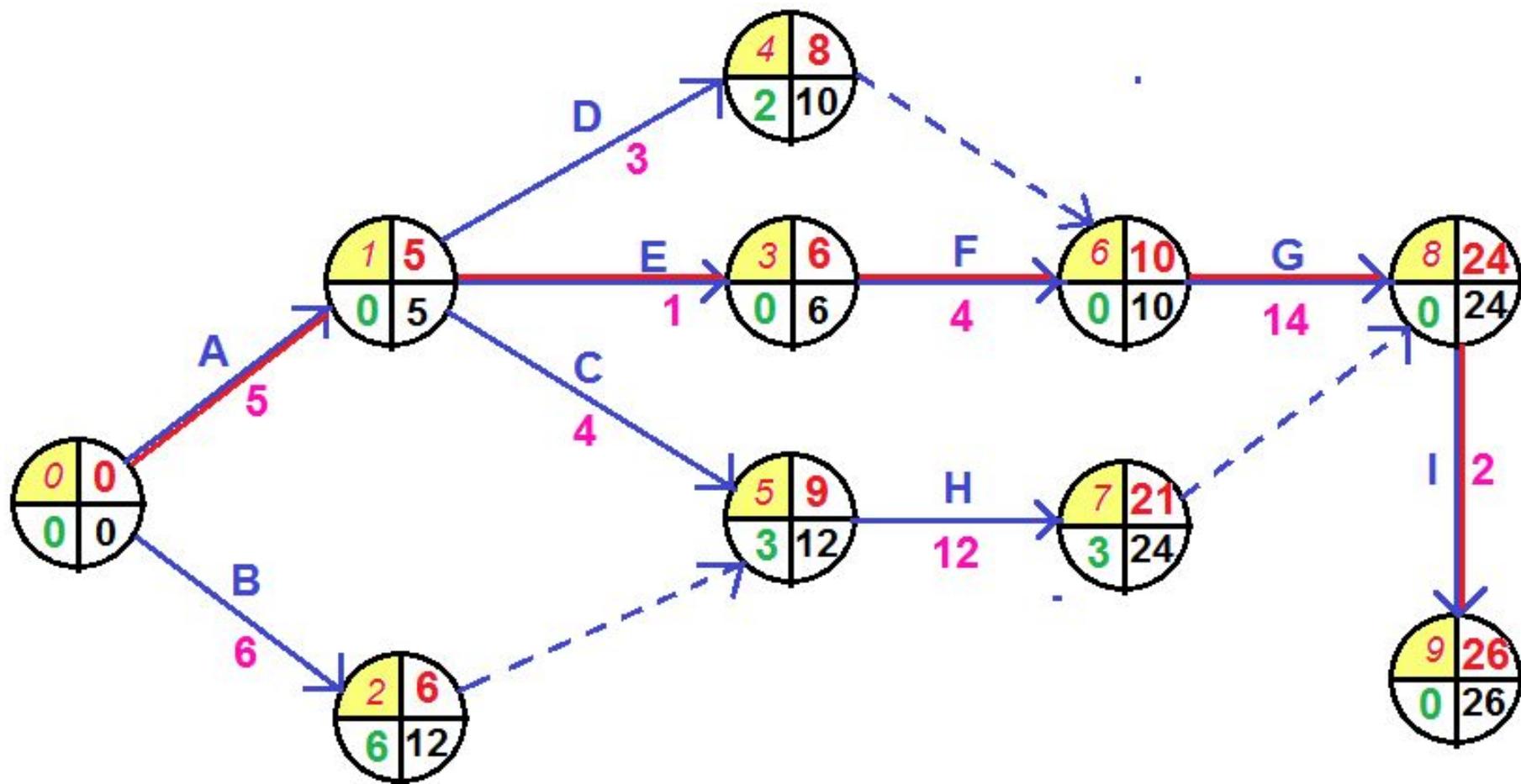
$T_{пн}(i, j) = T_{п}(j) - t(i, j)$ – поздний срок начала работы;

Временные параметры работ

- $R_p(i, j) = T_p(j) - T_p(i) - t(i, j)$ – полный резерв работы показывает максимальное время, на которое можно увеличить длительность работы (i, j) или отсрочить ее начало, чтобы не нарушился срок завершения проекта в целом;
- $R_c(i, j) = T_p(j) - T_p(i) - t(i, j)$ – свободный резерв работы показывает максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность работы (i, j) или отсрочить ее начало, не меняя ранних сроков начала последующих работ.

Сетевой график к примеру 1 (календарный план)

критический путь выделен красным



Справедливы следующие

утверждения:

1. Если $R(i,j) = 0$, то работа (i,j) лежит на критическом пути; если $R(i,j) > 0$, то работа (i,j) не лежит на критическом пути.
2. Если время начала работы (i,j) , не лежащей на критическом пути, отложить на срок меньший, чем $R(i,j)$, то время наступления последующего события не изменится.
3. Если время начала работы (i,j) , не лежащей на критическом пути, отложить на срок меньший, чем $R(i,j)$, то время, необходимое на выполнение всего проекта, не увеличится.
4. Полный резерв любой работы складывается из собственного свободного резерва и минимального из полных резервов непосредственно следующих работ.

Алгоритм применения метода критического пути

Шаг 1. По данным задачи строится таблица последовательности работ и времени их выполнения.

Шаг 2. Строится диаграмма Ганта.

Шаг 3. По диаграмме определяются события проекта.

Шаг 4. Строится сетевой график.

Алгоритм применения метода критического пути

Шаг 5. Рассчитываются временные параметры модели:

5.1. От начальной вершины к конечной рассчитывается раннее время начала работы с учетом «длин» всех входящих в соответствующую вершину дуг (максимум).

5.2. От конечной вершины к начальной рассчитывается позднее время окончания работы с учетом «длин» всех выходящих из соответствующей вершины дуг (минимум).

Алгоритм применения метода критического пути

Шаг 6. Для каждой вершины рассчитывается резервное время.

Шаг 7. Определяется критический путь, проходящий через вершины с нулевым резервным временем