


Организация, планирование и управление железнодорожным строительством

СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА


ПЛАН ЛЕКЦИИ:

1. Особенности и области применения сетевых моделей
 2. Термины и понятия сети
 3. Формальные правила построения графов
 4. Расчет сетевых графов секторным методом
-
- 

Особенности и области применения сетевых моделей

С появлением необходимости управлять крупными целевыми программами, характерными большим количеством участников, большим числом взаимосвязанных процессов, от которых зависит конечный результат – цель, возникла потребность в моделях, соответствующих таким задачам.

Создание ЭВМ позволило решать задачи с колоссальным объемом простых вычислений.



НЕДОСТАТКИ ЛИНЕЙНЫХ ГРАФИКОВ:

- статичность;
 - сложно проследить связи, особенно при большом количестве работ;
 - невозможно выделить работы от которых зависит продолжительность строительства;
 - поскольку линейный график не замкнут, невозможно перераспределить ресурсы без изменения $T_{стр}$
-



...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 использовали ЭВМ для составления планов-графиков крупных комплексов работ по модернизации заводов фирмы «Дюпон».

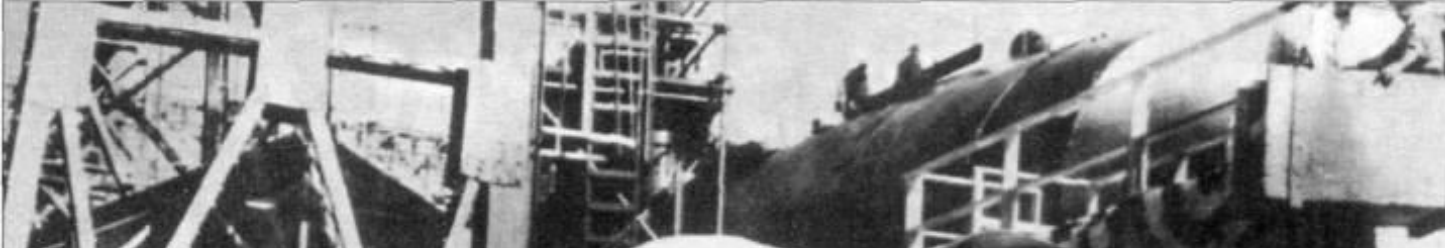
В результате был создан рациональный и простой метод описания проекта с использованием ЭВМ. Первоначально он был назван методом Уолкера-Келли, а позже получил название метода критического пути — МКП (или **CPM— Critical Path Method**).



Данный метод имеет три достоинства:

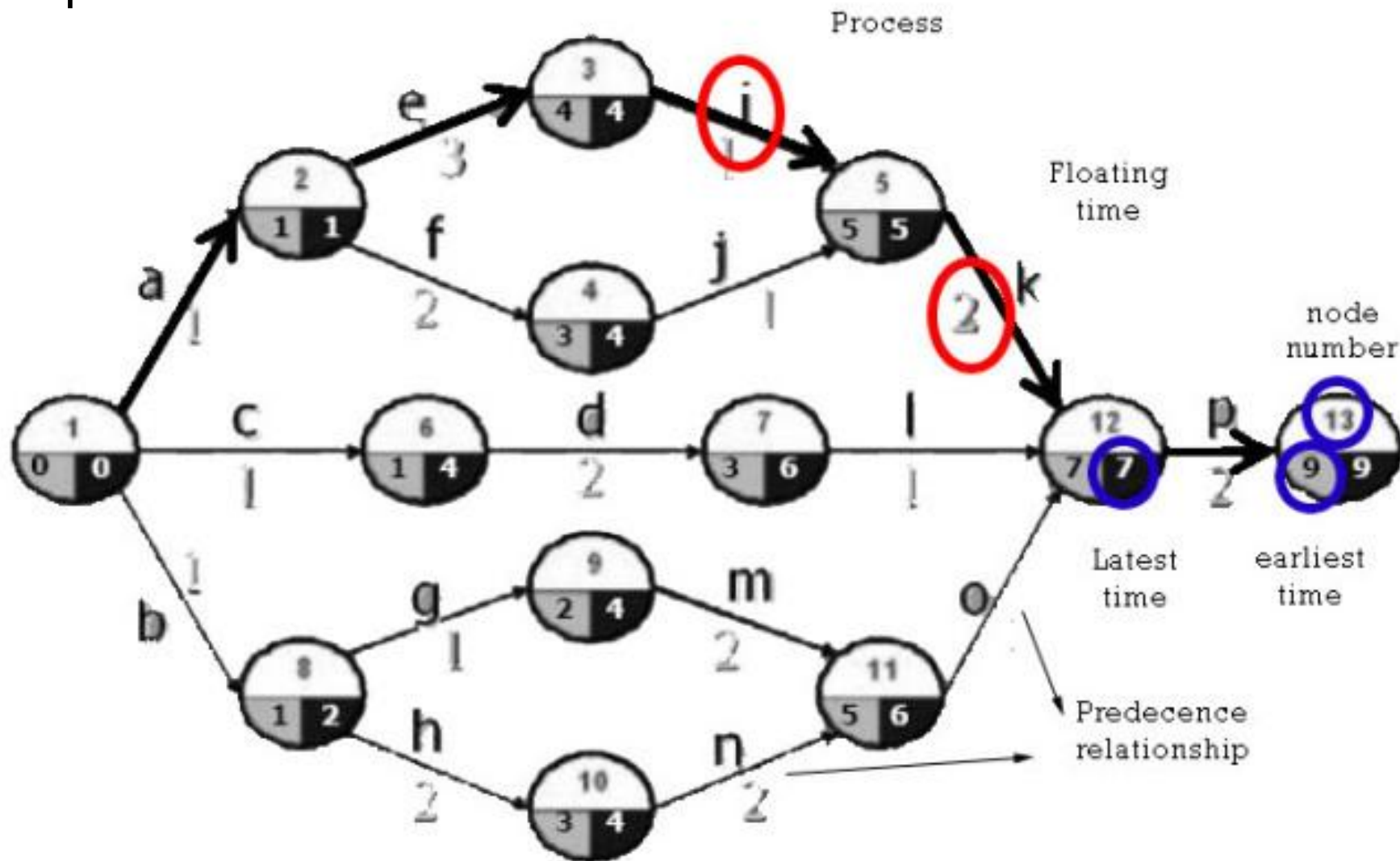
1. Позволяет получить графическое представление проекта;
2. Определяет ориентировочное время, требуемое для его выполнения;
3. Показывает, какие действия критичны, а какие не столь важны для соблюдения всего графика работ.





КИХ СИЛАХ

диаграмма PERT



- 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.
- Управление программой оказалось настолько успешным, что проект удалось завершить на два года раньше запланированного срока. В результате чего данный метод управления вскоре стал на проектах во всех вооруженных силах США.
- Методика отлично себя зарекомендовала при координации работ, выполняемых различными подрядчиками в рамках крупных проектов по разработке новых видов вооружения.



ПРЕИМУЩЕСТВА СЕТЕВОГО ГРАФИКА

1. Динамичность (только пересчет, но не перестройка);
2. Отражены все организационно-технологические связи;
3. Выделяются работы, от которых зависит $T_{стр}$;
4. Благодаря замкнутости сетевого графика можно решать оптимизационные задачи, что позволяет использовать их в автоматизированных системах управления строительством



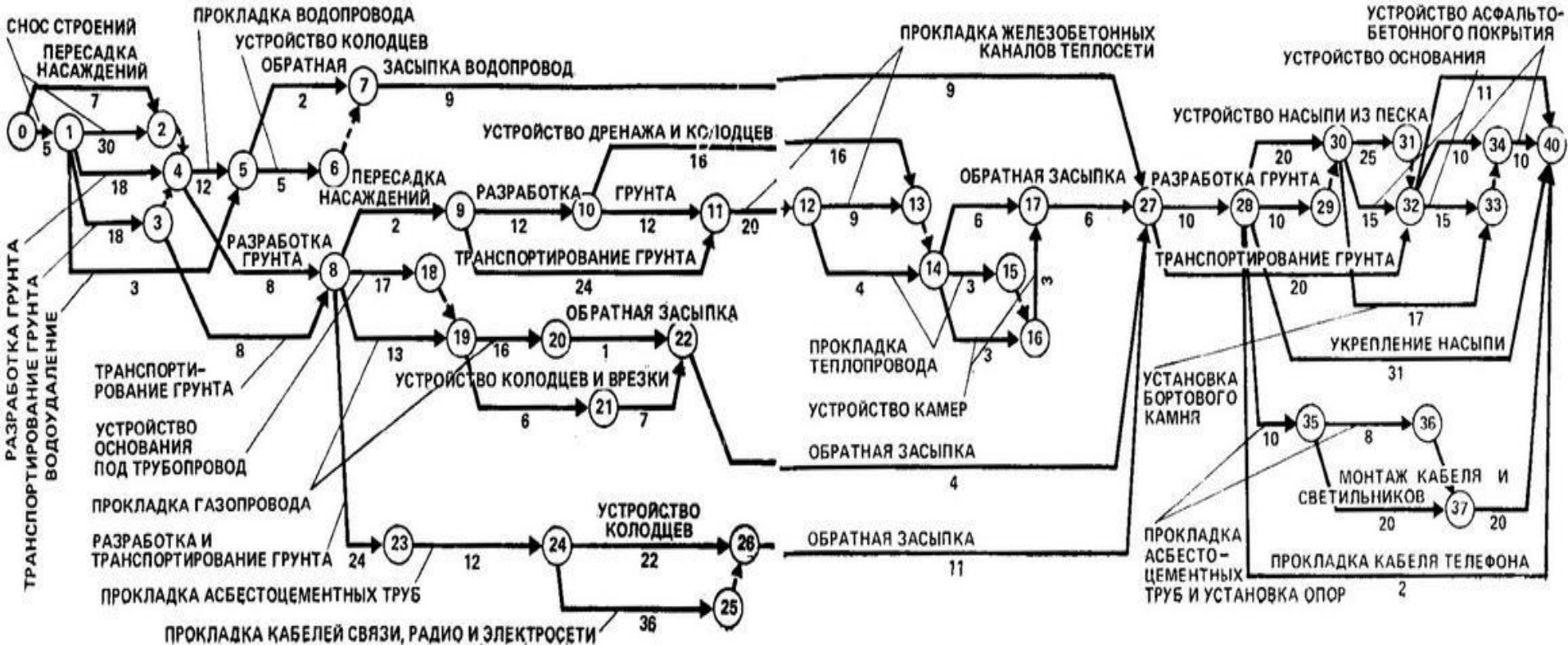
Термины и понятия сети

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

Сетевой график - ориентированный граф, (фигура, состоящая из вершин – узлов - и соединяющих их линий со стрелками – дуг), в котором все дуги направлены в одну сторону – к конечной вершине.



Этот график отображает последовательность выполнения работ, их взаимосвязей, отражающих технологию и организацию строительства.



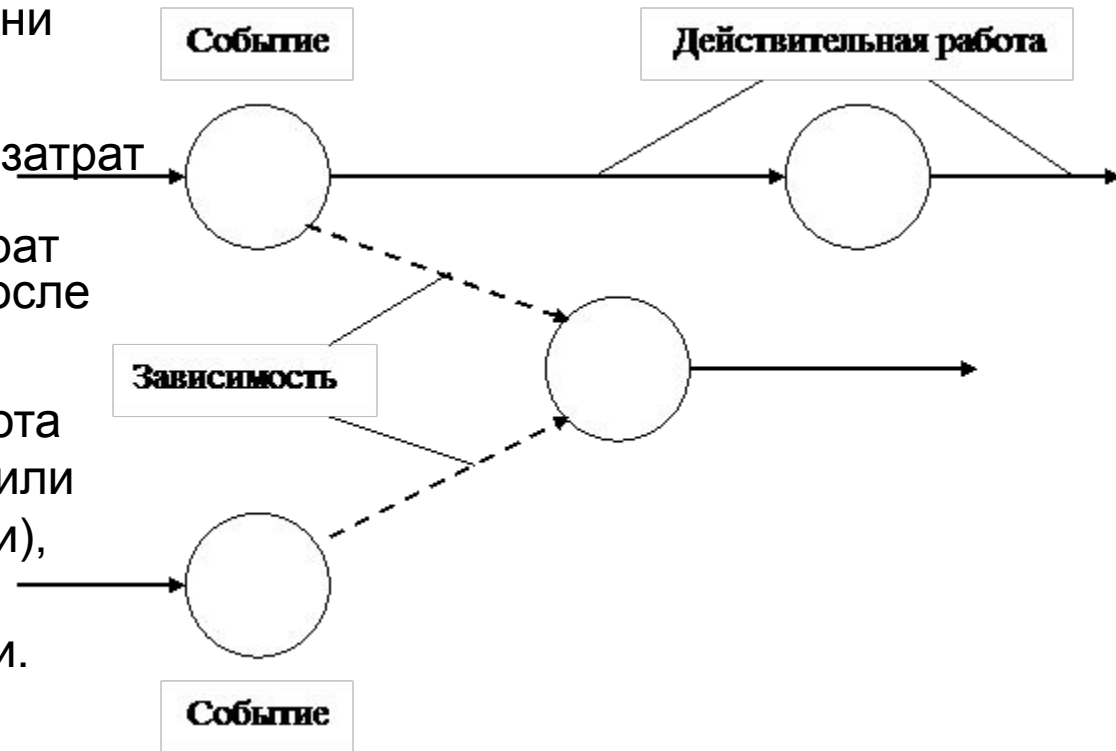
Главными элементами сетевой модели являются **работы** (стрелки) и **события** (кружки = узлы).

Работа – это производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов.

Ожидание – процесс, требующий затрат времени, но не требующий производственных ресурсов и затрат труда (твердение бетона, сушка после покраски и т.п.).

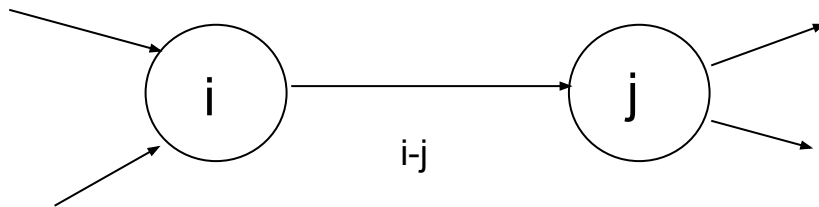
Зависимость или фиктивная работа — логическая связь между двумя или несколькими работами (событиями), не требующая затрат труда, материальных ресурсов и времени.

Зависимость не имеет продолжительности.



Событие — это момент завершения какого-либо процесса, отражающий отдельный этап выполнения проекта. Событие может являться частным результатом отдельной работы или суммарным результатом нескольких работ. **События не имеют продолжительности.**

Событие может быть «начальным» либо «конечным» по отношению к той или иной работе.



У каждой работы есть начальное и конечное событие

Событие может свершиться только тогда, когда будут выполнены все предшествующие ему работы.

Событие с которого начинается работа объекта, называется **ИСХОДНЫМ**;

Событие, на котором строительство объекта заканчивается, называется **завершающим**.

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.

Всякая непрерывная последовательность работ и событий, изображенных на сетевом графике, называется **путь**. Для целей управления наибольшее значение имеют **полные пути** – от исходного события к завершающему.

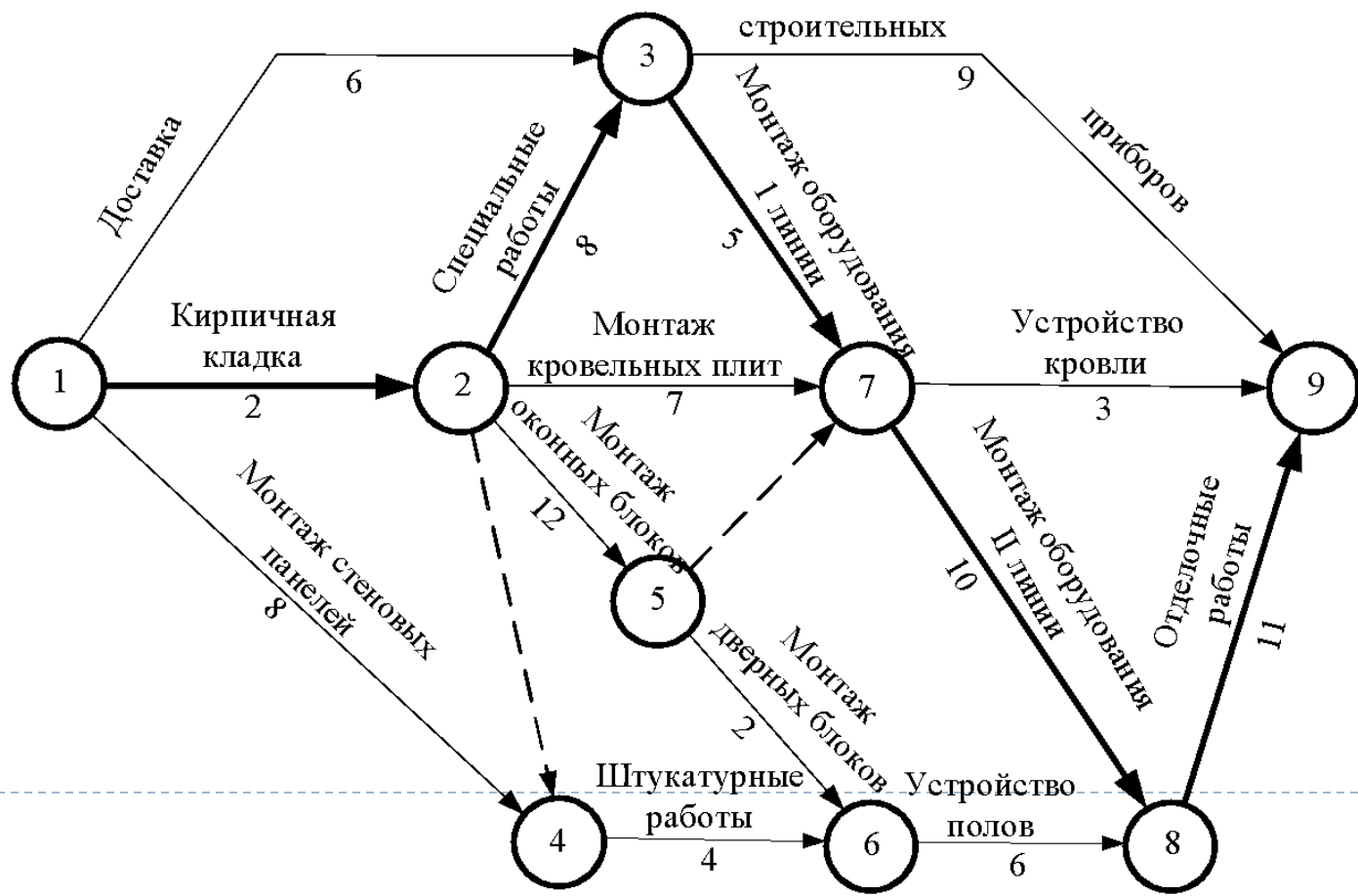
Полный путь наибольшей продолжительности называется **критическим**. Длина критического пути определяет *продолжительность строительства*.

Работы, относящиеся к критическому пути, называются **критическими**.



ФОРМАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

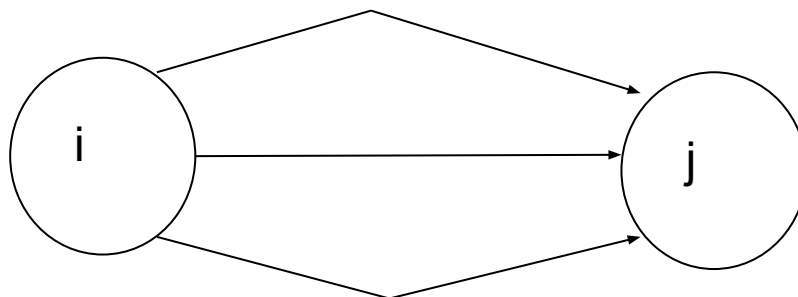
- Все стрелки направлены от исходного события к завершающему (желательно в одну сторону листа – слева направо);
- в сети всегда одно исходное событие и одно завершающее;
- номер последующего события должен быть больше номера предыдущего.



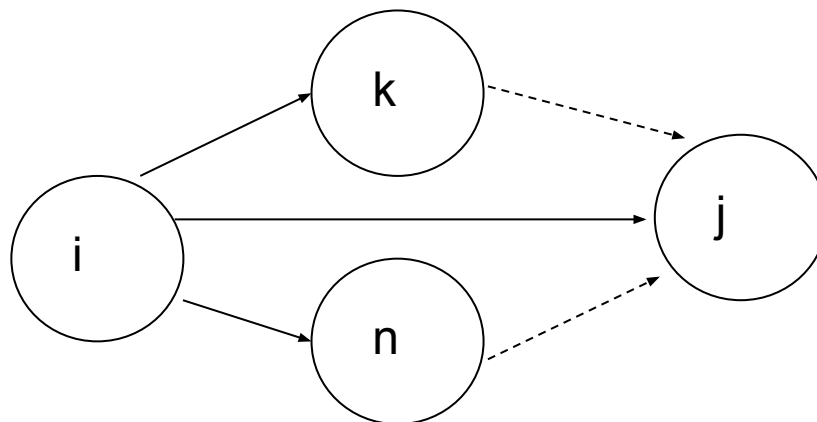
Формальные правила построения сети

1. Между 2 событиями можно изобразить 1 работу

неверно



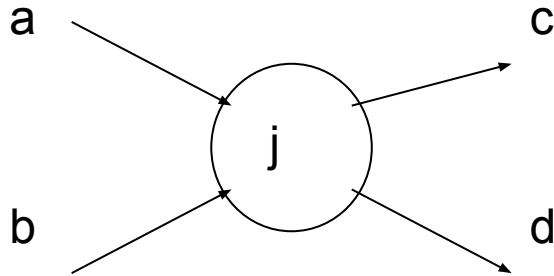
верно



(код работы повторяться не может)

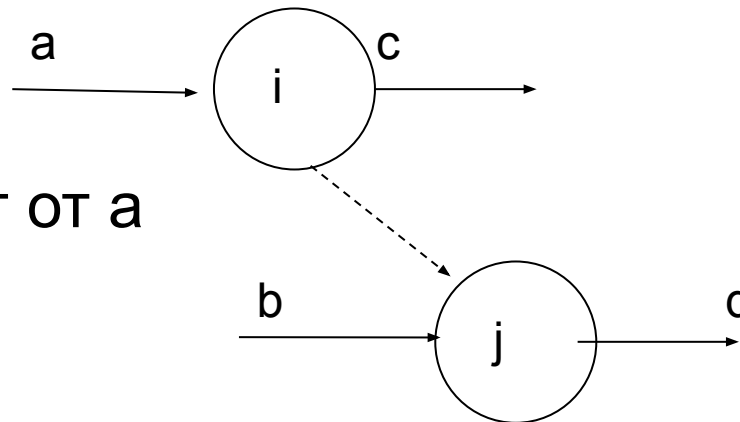
ФОРМАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

2.



Работы c и d зависят от a и b

работа c зависит от a

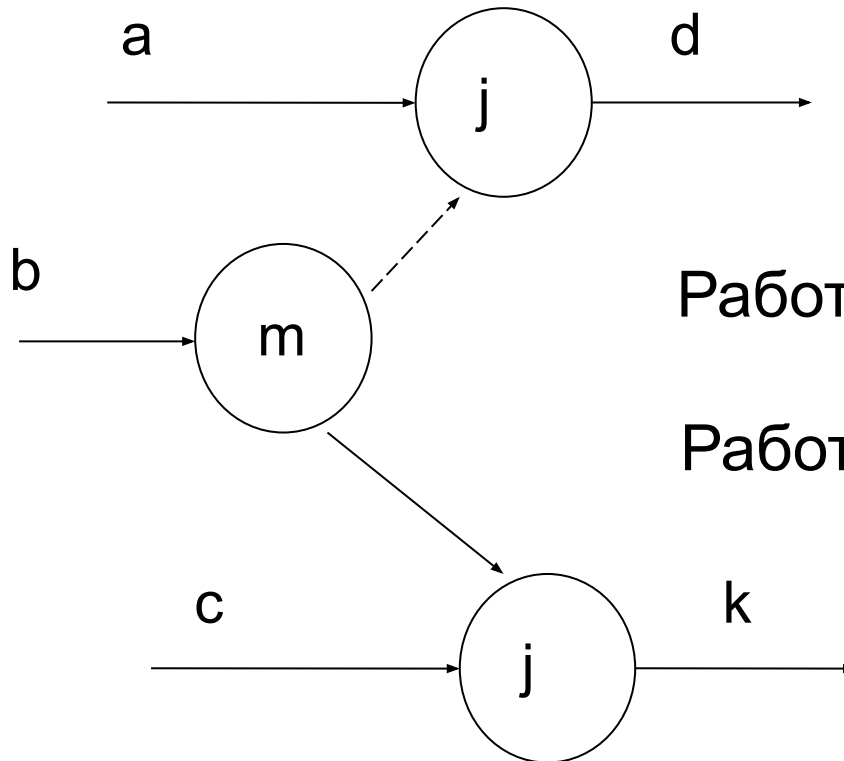


работа d зависит от a и b



ФОРМАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ СЕТИ

3.



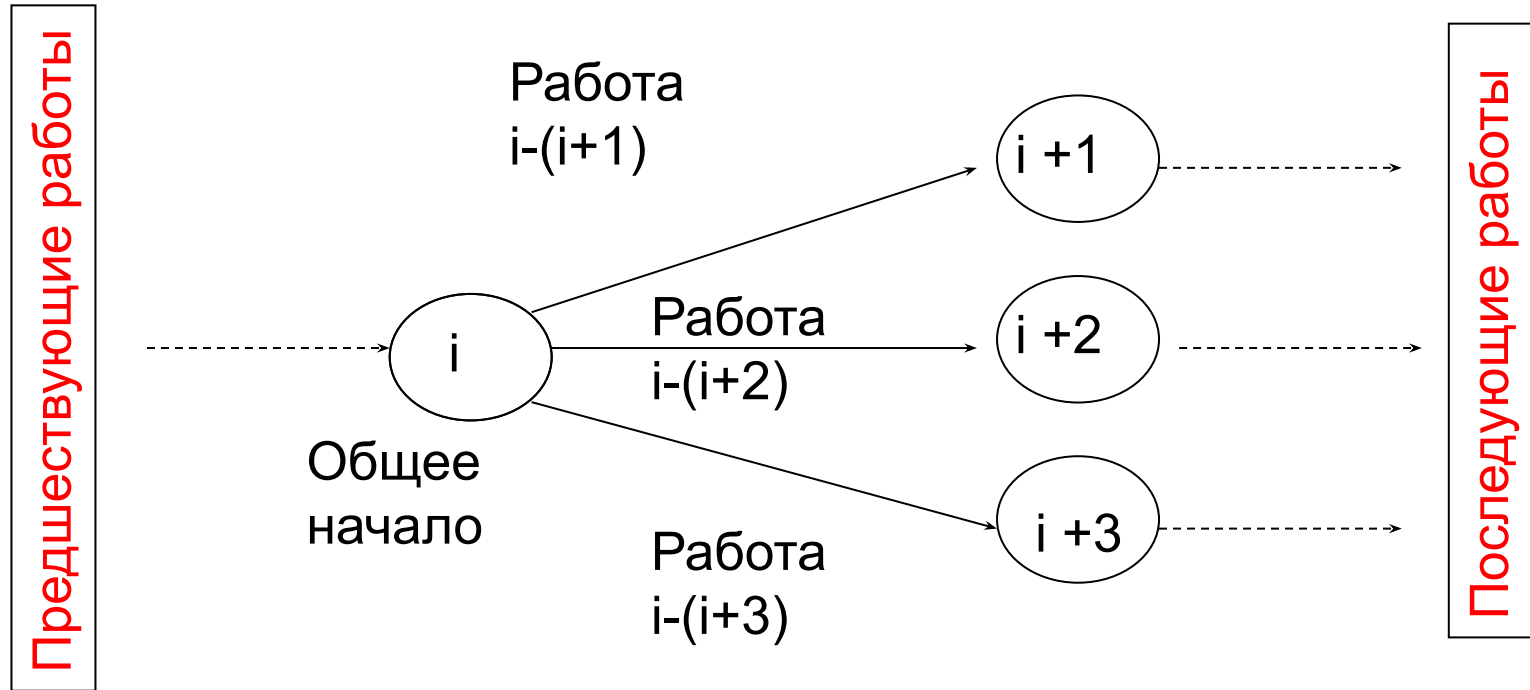
Работа d зависит от a,b

Работа k зависит от b,c



ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ КОМПОНОВКИ СЕТЕВОГО ГРАФИКА

а).

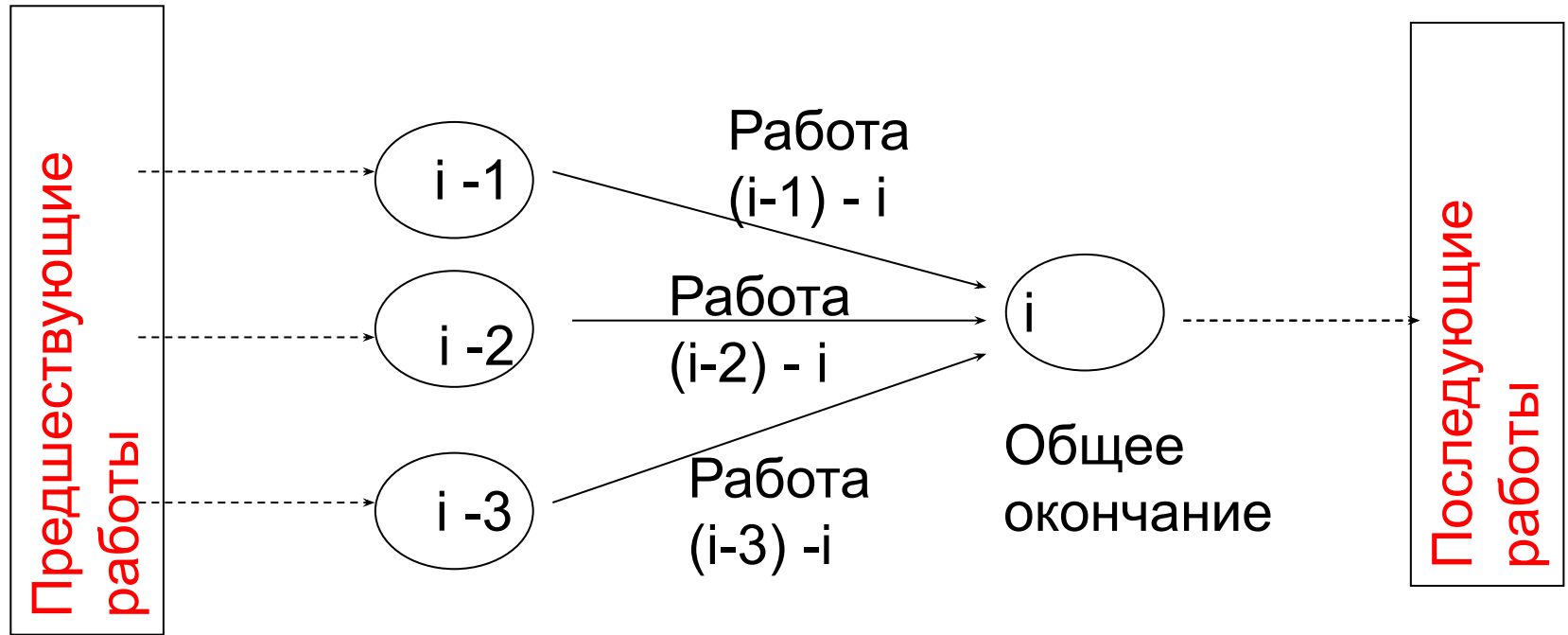


Если две и более работ могут осуществляться независимо друг от друга, не создавая друг другу помех, имеют одну или более общих работ-предшественниц (или не имеют работ-предшественниц), то им назначают

▶ общее начало

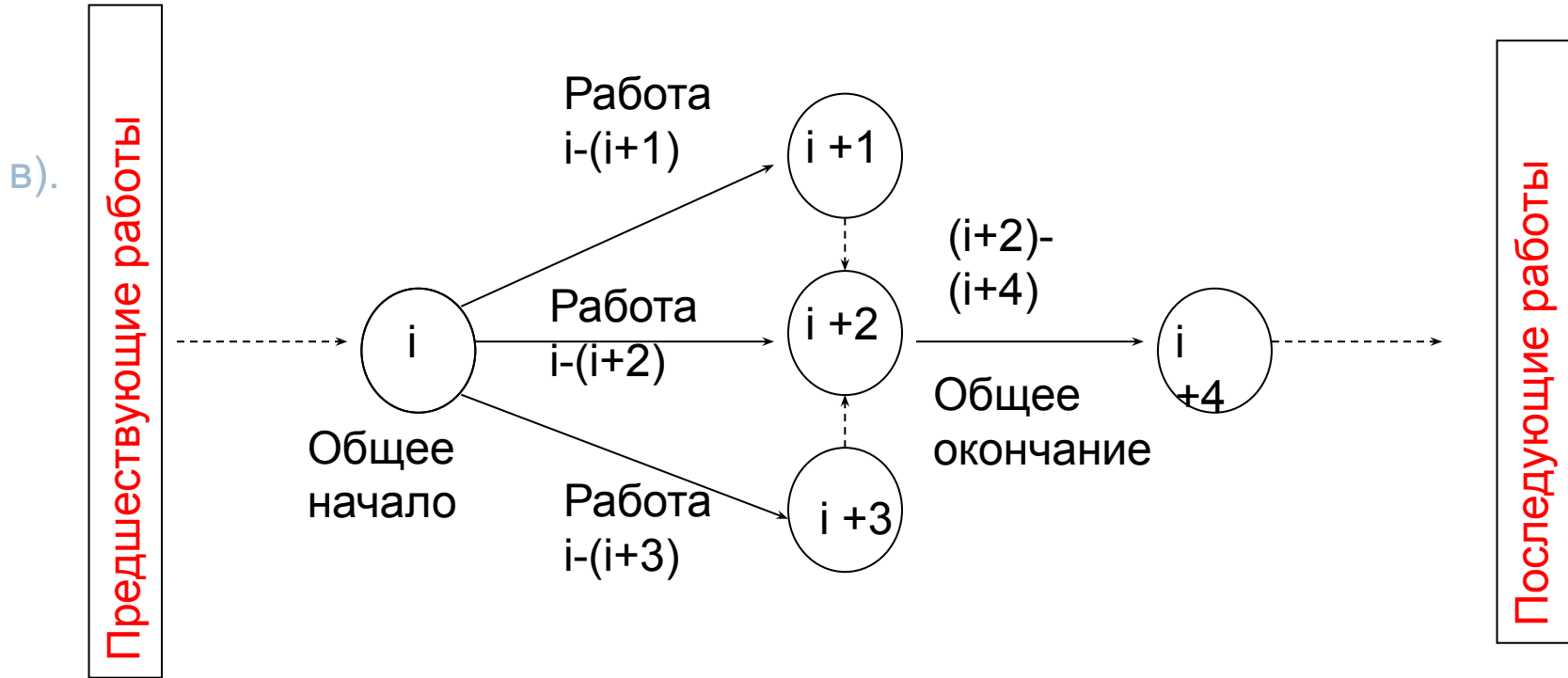
ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ КОМПОНОВКИ СЕТЕВОГО ГРАФИКА

б).



Если две и более работ создают условия для осуществления некоторой последующей работы, то им назначается общее окончание

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ КОМПОНОВКИ СЕТЕВОГО ГРАФИКА



Если две и более работ имеют одновременно и общее начало (предшествующие работы) и общее окончание (последующие работы), то им назначают общее начало, а связь между их окончаниями указывается пунктирной стрелкой (зависимостью) так, чтобы одно из этих окончаний играло роль общего

Расчет сетевого графика

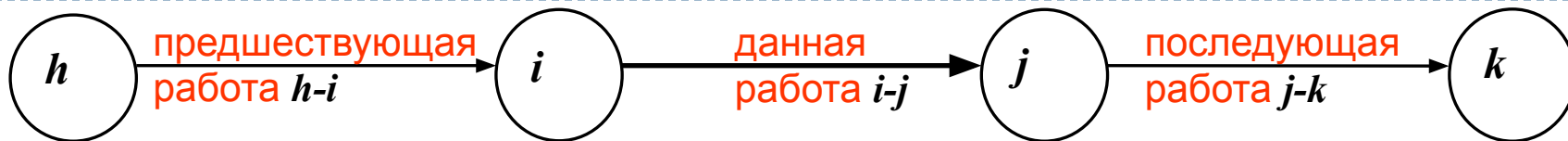
Расчет сетевого графика заключается в определении его расчетных параметров:

- **Раннее начало работы** t^{pn}_{i-j} – это самый ранний срок, в который можно начать данную работу.
 - **Раннее окончание работы** t^{po}_{i-j} – это самый ранний срок, в который можно окончить данную работу.
 - **Позднее начало** t^{nn}_{i-j} – это самый поздний срок, в который можно начать данную работу, не изменив длину критического пути сетевого графика.
 - **Позднее окончание** t^{no}_{i-j} – это самый поздний срок, когда можно окончить данную работу, не изменяя критического пути сетевого графика.
 - **Продолжительность работ** $T_{кр}$ - длина критического пути.
-



расчетные **Параметры** сетевого графика

ЗА РАСЧЕТНУЮ СХЕМУ принимаем условную сеть, состоящую из 4 событий: h, i, j, k



$i-j$ – данная работа

$h-i$ – предшествующая работа

$j-k$ – последующая работа

t_{i-j} – продолжительность данной работы

t_{j-k} – продолжительность последующей работы

t_{h-i} – продолжительность предшествующей работы

$T_{кр}$ – продолжительность критического пути

$t_{i-j}^{рн}$ – раннее начало

$t_{i-j}^{пн}$ – позднее начало

$t_{i-j}^{рo}$ – раннее окончание

$t_{i-j}^{пo}$ – позднее окончание

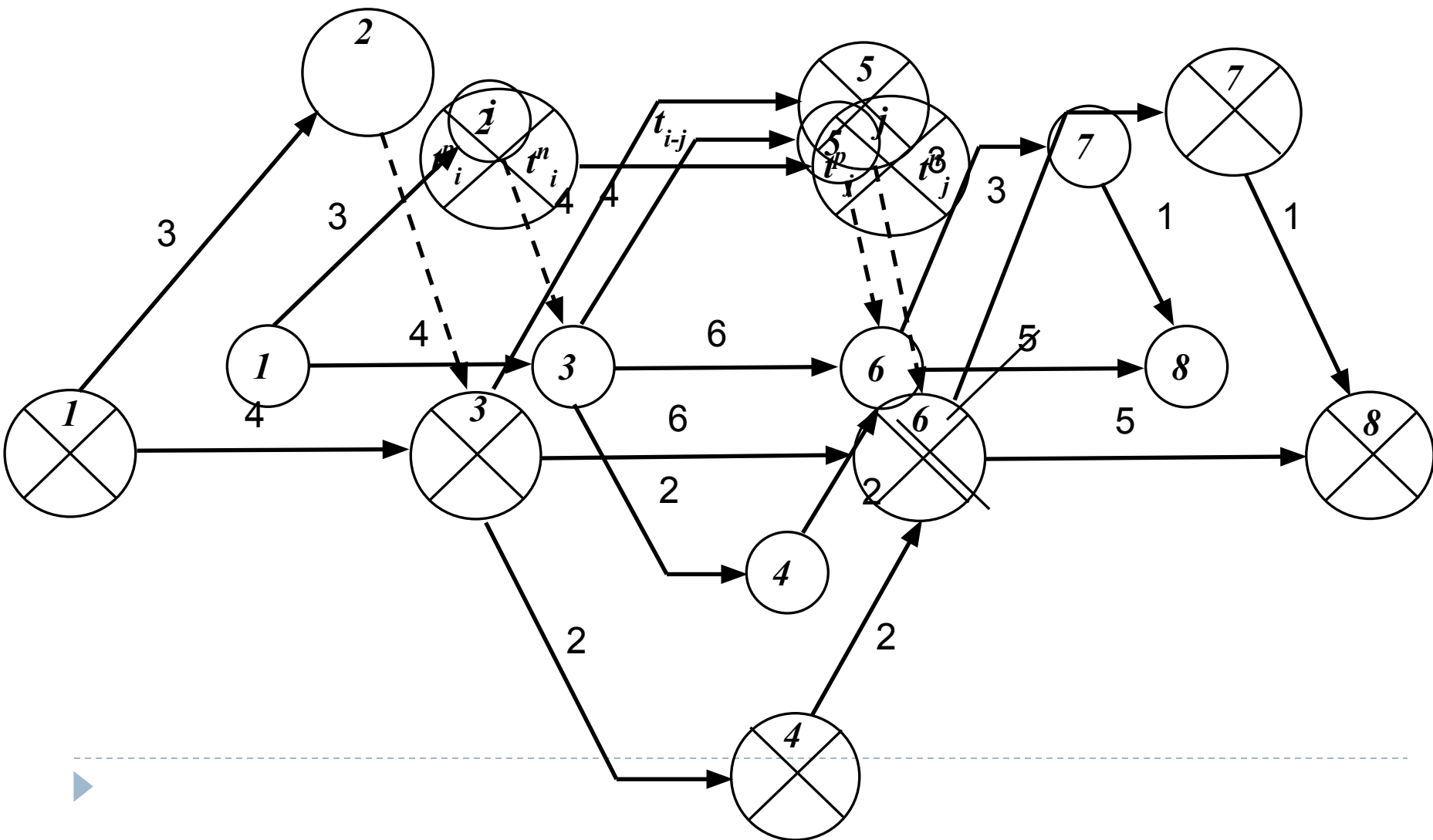
R_{i-j} – общий (полный) резерв времени работы $i-j$

r_{i-j} – частный (свободный) резерв времени работы $i-j$



Порядок расчета рассмотрим на примере:

Расчет выполним секторным методом



В начале рассчитываются *ранние сроки начала и окончания* всех работ, начиная от *исходного* события и заканчивая *завершающим*

На основе вычисленных ранних сроков устанавливается *критический путь*, а затем определяются *поздние сроки начала и окончания*

После чего определяются запасы (резервы времени для всех критических работ).

$$t_{i-j}^{p.n.} = \max \sum t_{h-i} \quad \text{по максимальному из предшествующих}$$

$$t_{i-j}^{p.o.} = t_{i-j}^{p.n.} + t_{i-j}$$

Ранние сроки окончания и начала работ необходимо определять последовательно переходя от события к событию по направлению стрелок (слева направо).

Если данной работе предшествует одна работа, то раннее начало

$$t_{i-j}^{p.n.} = t_{h-i}^{p.o.}$$

Все работы выходящие из одного события имеют одинаковое *раннее начало*.

Если данной работе предшествуют две и более работ, то ее *раннее начало* определяется максимальной величиной *ранних окончаний* предшествующих работ.

Максимальное значение раннего окончания какой-либо работы входящей в завершающее событие определит величину критического пути, одновременно оно будет являться самым поздним окончанием всех работ:

$$\max t_{i-j}^{p.o.} = t_{i-j}^{n.o.} = t_{кр} = \max \sum t_{i-j}$$

Позднее начало любой работы определяется как разность между *поздним окончанием* ее и продолжительностью самой работы.

Поздние сроки начала и окончания работ определяются обратным ходом

$$t_{i-j}^{n.n.} = t_{i-j}^{n.o.} - t_{i-j}$$

Поздние окончания работ входящих в одно событие - одинаковые.

Позднее окончание данной работы равняется *позднему началу* последующей если за данной работой следует только одна работа.

$$t_{i-j}^{n.o.} = t_{j-k}^{n.n.}$$

Если за данной работой следует несколько работ **ранее окончание выбирается** как минимальное значение из поздних начал последующих работ

$$t_{i-j}^{p.o.} = \min t_{j-k}^{п.н.}$$

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ КРИТИЧЕСКОГО ПУТИ.

Ранние и поздние сроки начала равны:

$$t_{i-j}^{p.н.} = t_{i-j}^{п.н.}$$

$$t_{i-y}^{p.н.} = t_{j-k}^{п.н.}$$

$$t_{i-j}^{p.н.} = t_{i-j}^{п.н.}$$

$$t_{j-k}^{p.н.} = t_{j-k}^{п.н.}$$



Разница между ранним началом данной работы и поздним началом последующей работы указывает максимальный промежуток времени, в который может выполняться данная работа

Общий резерв времени работ показывает, на сколько может быть увеличена продолжительность данной работы или на сколько может быть перенесено ее начало без изменения продолжительности критического пути.

Если общий резерв времени будет использован то данная работа становится критической

$$R_{i-j} = \begin{cases} t_{i-j}^{п.н.} - t_{i-j}^{р.н.} \\ t_{i-j}^{п.о.} - t_{i-j}^{р.о.} \end{cases}$$

можно определить общий резерв времени, располагая данными только поздних начал работ

$$R_{i-j} = t_{j-k}^{п.н.} - t_{i-j}^{п.н.} - t_{i-j}$$

Свободный (Частный) резерв времени работы - это время, на которое можно увеличить продолжительность данной работы или перенести ее начало на более поздний срок без изменения последующих работ раннего начала

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{p.n.} - t_{i-j}^{p.o.}$$

Он может быть определен также по разнице ранних начал и продолжительности самой работы

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{p.n.} - t_{i-j}^{p.n.} - t_{i-j}$$

Для работ критического пути и общие, и частные (свободные) резервы временно равны нулю.



Для удобства расчета сети на графике событие отражается окружностью, разделенной на четыре сектора, в каждый из которых заносится своя информация:

