

## Управление содержанием проекта

- Сбор требований – процесс определения и документирования потребностей заинтересованных сторон проекта для достижения целей проекта.
- Определение содержания – процесс разработки подробного описания проекта и продукта.
- Создание иерархической структуры работ (ИСР) – процесс разделения результатов и работ проекта на более мелкие элементы, которыми легче управлять.
- Подтверждение содержания – процесс формализованной приемки завершенных результатов проекта.

*Сбор требований* – процесс определения и документирования потребностей заинтересованных сторон проекта для достижения целей проекта. Успех проекта зависит от того, насколько тщательно проводится сбор требований к проекту и продукту и управлению ими.

### Методы и инструменты сбора требований

- *Интервью.*
- *Фокус-группы.*
- *Семинары с участием модератора.*
- *Групповые творческие методы.*
  - Мозговой штурм
  - Метод номинальных групп
  - Метод Дельфи
  - Составление интеллект-карт
  - Диаграмма сходства
- *Методы группового принятия решения.*
- *Анкеты и опросы.*
- *Наблюдения.*
- *Прототипы.*

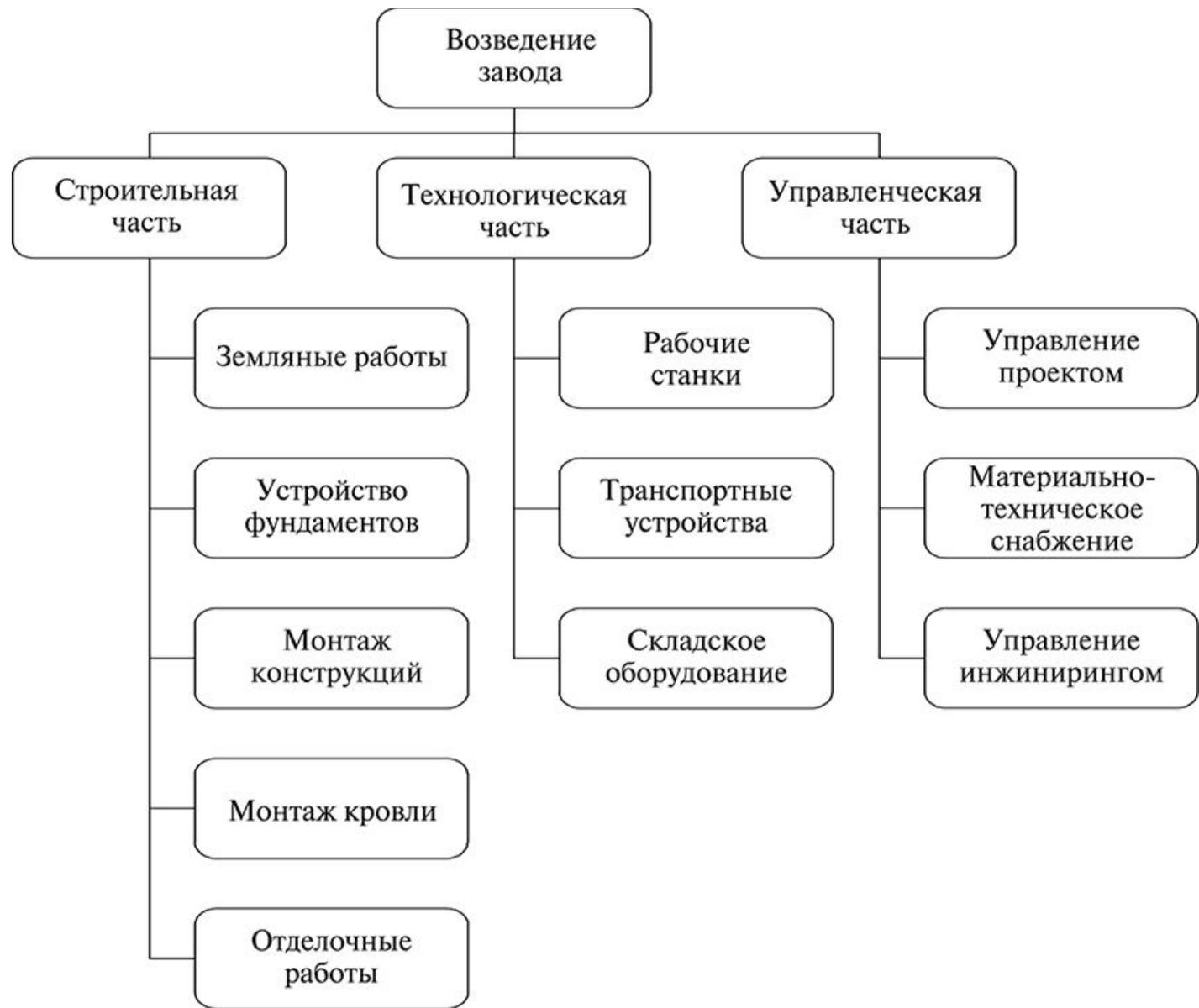
ИСР представляет собой иерархический граф, узлы которого отображают работы и комплексы работ, а связи – разбиение вышестоящего элемента на нижестоящий.

Структура ИСР может быть создана на основе различных принципов, например:

- в качестве первого уровня декомпозиции используются фазы жизненного цикла проекта, на втором уровне расположены результаты, относящиеся к проекту и продукту;
- в качестве первого уровня декомпозиции используются основные результаты;
- в качестве первого уровня декомпозиции используются функциональные разделы проекта;
- в качестве первого уровня декомпозиции используются подпроекты, которые могут разрабатываться организациями – участниками проекта.



ИСР для проекта по разработке программного продукта (по жизненному циклу проекта)



ИОР для проекта возведения завода (по функциональному принципу)

Необходимость в разработке обусловлена тем, что ИСР:

- позволяет определить содержание работ, разложив его на измеримые пакеты работ;
- делает понятной и прозрачной картину того, как будет развиваться проект для заинтересованных лиц проекта;
- служит основой для создания системы распределения ответственности и отчетности проекта;
- задает структуру данных для последующего контроля за проектом.

*Основные задачи управления сроками проекта* – определение целей управления сроками, формирование и анализ расписания, контроль выполнения проекта по срокам, анализ отклонений и принятие решений, направленных на сокращение этих отклонений.

### Цели управления сроками проекта

- 1) минимальное время выполнения проекта (или некоторой его части);
- 2) выполнение проекта в установленные (например, заказчиком) сроки;
- 3) сроки выполнения проекта не принципиальны.



*Для того чтобы построить диаграмму Гантта, необходимо:*

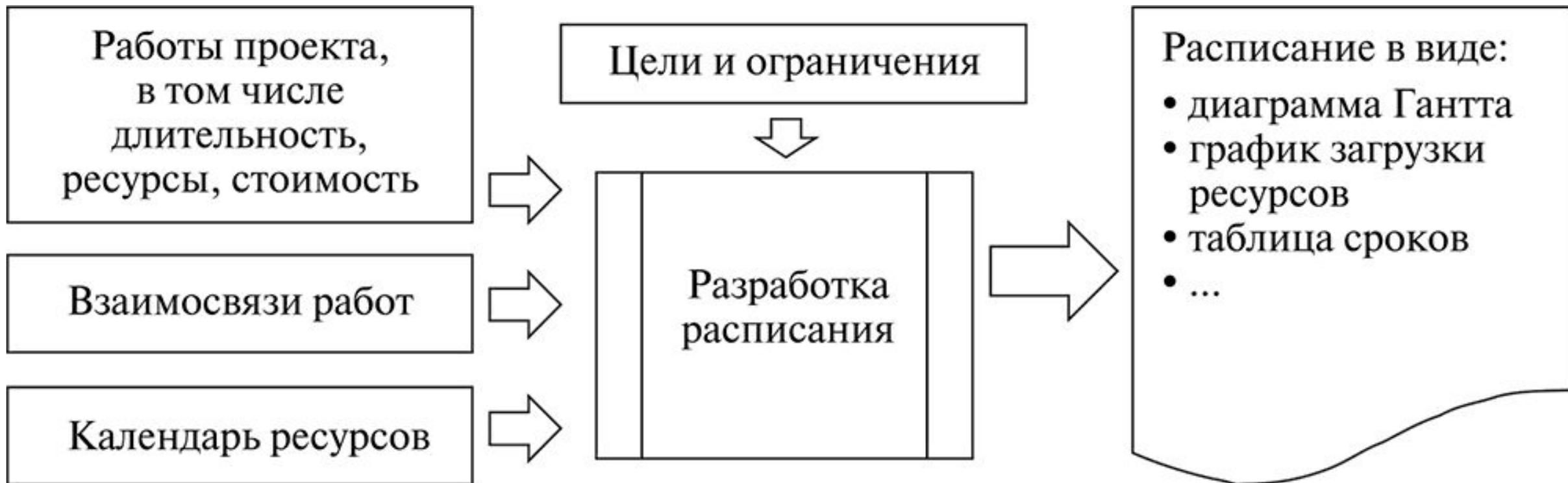
- а) разбить проект на работы (разработать ИСР);
- б) определить продолжительность каждой работы;
- в) начать рисовать диаграмму, начиная с тех работ, которые должны быть выполнены раньше всех, и заканчивая теми, которые должны быть выполнены последними, учитывая последовательность их выполнения.

### **недостатки диаграммы Гантта**

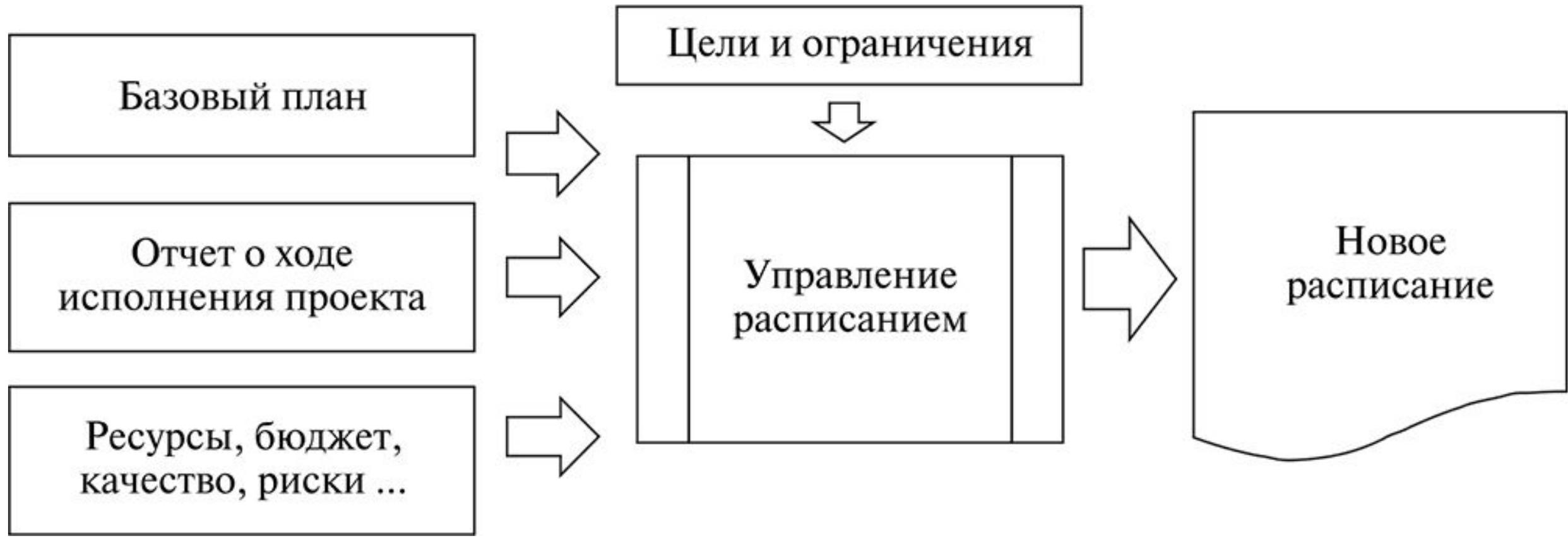
1. Отсутствие взаимосвязей между работами.
2. Невозможность ранжировать работы по важности.

	1 мес.	2 мес.	3 мес.	4 мес.
Начало проекта	◆ 3 фев.			
Окончание работ по фундаменту		30 марта ◆		
Окончание строительства 1-го этажа			30 апр. ◆	
Окончание строительства 2-го этажа				31 мая ◆
...				

Диаграмма контрольных событий



Процесс разработки расписания проекта



Процесс управления расписанием

В результате процессы разработки и управления расписанием должны содержать:

1. Построение сетевой модели проекта (учет взаимосвязей между работами).
2. Получение информации о работах: продолжительность, стоимость, ресурсы.
3. Методы разработки и анализа расписания проекта.
4. Инструменты, используемые для управления расписанием.

Сетевая модель проекта — это модель, в которой проект представлен множеством взаимосвязанных работ.

Связи (или взаимосвязи) между работами могут быть различными

- *Жесткие связи* (жесткая логика) обусловлены необходимостью выполнения отдельных работ раньше других, что вытекает из логики процесса. жесткие связи также называют технологическими, они определяются основной концепцией выбранной технологии. Ключевое отличие жестких связей от других в том, что если в ходе реализации проекта нарушить такую связь, это приведет к возникновению дополнительных работ, так как потребует смены технологии.
- *Мягкие связи* (мягкая логика) обычно также являются частью технологии, но их нарушение уже не приведет к дополнительным работам. Такие связи еще называются организационными. Мягкие связи подлежат обязательному документированию, чтобы в случае необходимости ускорить выполнение проекта, а также быстро понять, какую связь можно удалить, а какую нельзя.
- *Ресурсные связи* вводятся в случае, когда на несколько параллельно идущих работ может быть назначен один ресурс (специалист и/или оборудование), который не в состоянии их выполнять одновременно. В этой ситуации можно добавить связи, которые позволят спланировать работы именно для этого ресурса и облегчить оценку продолжительности и выравнивание ресурсов для всего проекта.

## *Простое отношение предшествования*

Отношение предшествования является ограничением на сроки выполнения работы, так как запрещает работе  $B$  начаться раньше, чем закончится работа  $A$ . Работа  $B$  не обязана начинаться сразу после окончания работы  $A$  и вполне может начаться позже.

Отношения предшествования обладают *свойством транзитивности*: если  $A \rightarrow B$  и  $B \rightarrow C$ , то это означает, что  $A \rightarrow C$ . Данное свойство позволяет вводить в модель только те связи, которые существуют между работами без посредников

Фраза «работа  $A$  предшествует работе  $B$ » (будем обозначать:  $A \rightarrow B$ ) означает, что работа  $B$  *не может* начаться до окончания работы  $A$ .

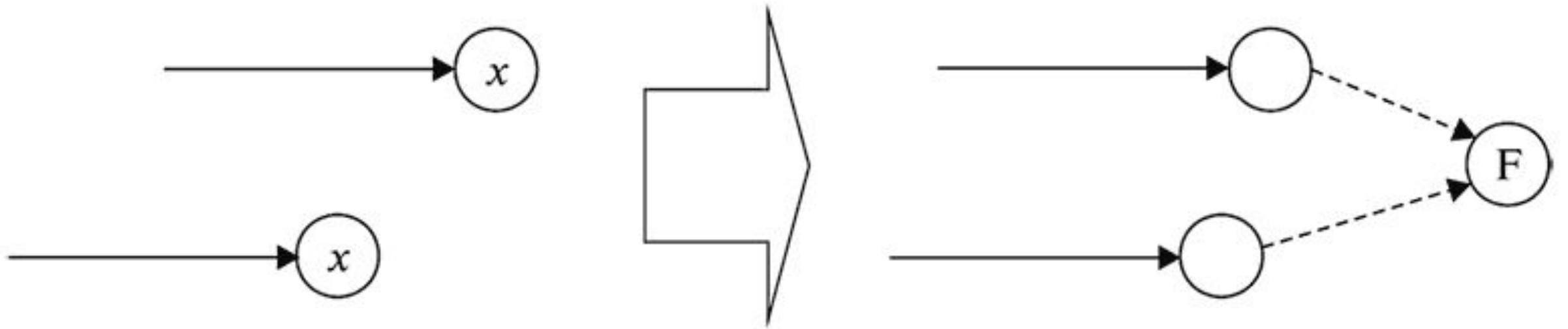
Сетевая диаграмма (или сетевой график) — представление сетевой модели с помощью ориентированного графа (т.е. все ребра — стрелки).

Граф — геометрическая фигура, состоящая из конечного или бесконечного множества точек (вершин) и соединяющих эти точки линий (дуги, ребра).

Сетевая диаграмма «ребро—работа» (Activity on Arrow Diagramming — AoA, Arrow Diagramming Method — ADM) предполагает изображение работы и их взаимосвязей в виде стрелок. Вершины (узлы диаграммы) называются событиями. Каждая работа имеет два связанных с ней события — начало и окончание.

События бывают трех типов.

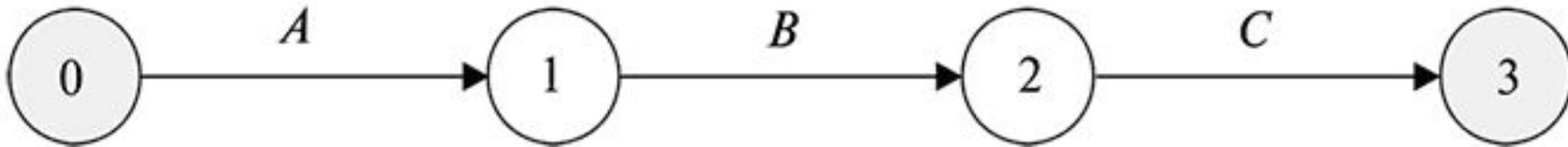
- *Начальное событие.* До этого события не выполняются никакие работы, т. е. в него не входит ни одна стрелка. Традиционно имеет нулевой номер (хотя это не принципиально).
- *Промежуточное событие.* Наступает тогда и только тогда, когда все входящие работы выполнены. Наступившее событие инициирует выполнение всех исходящих работ.
- *Концевое событие.* Завершает выполнение проекта.



Изображение окончания проекта

Фиктивная работа — это работа нулевой продолжительности, не требующая ресурсов (и любых других усилий) для выполнения, не имеющая стоимости и не существующая в реальности. Служит для добавления связей (отношений предшествования) между работами и обозначается на сетевой диаграмме пунктирной стрелкой.

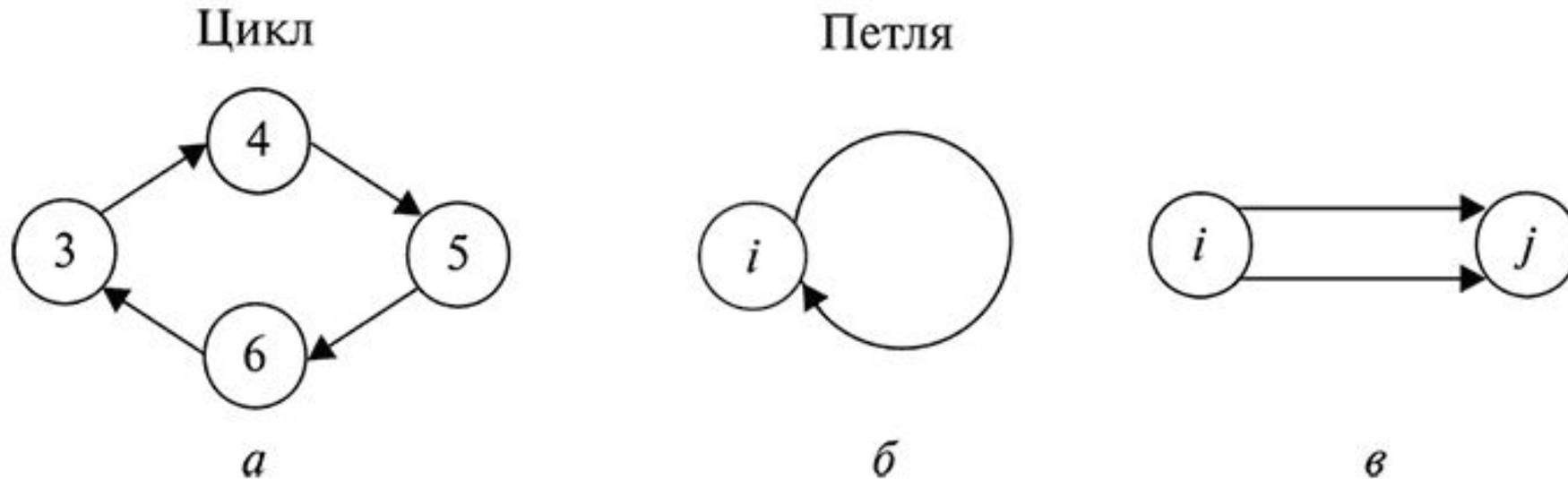
сетевая диаграмма AoA строительства дома, состоящего из трех работ  
строительства фундамента (*A*),  
стен (*B*)  
крыши(*C*).



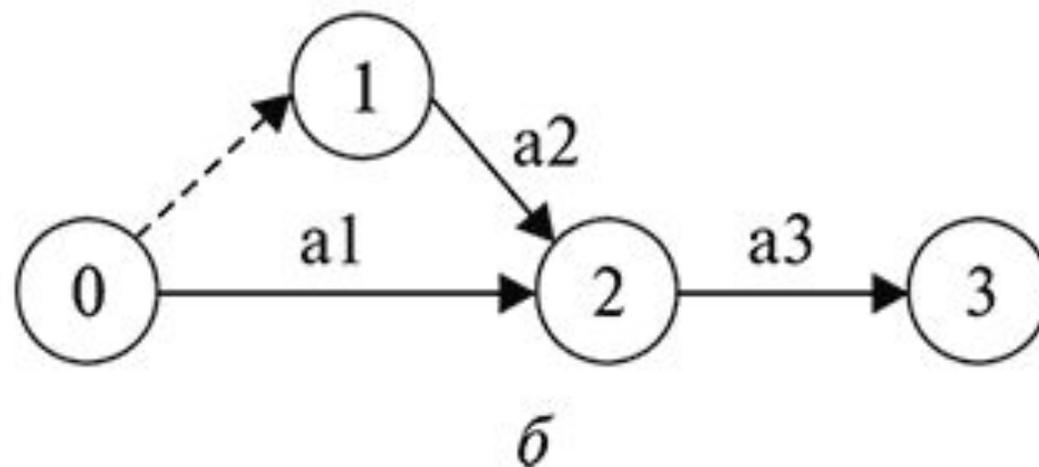
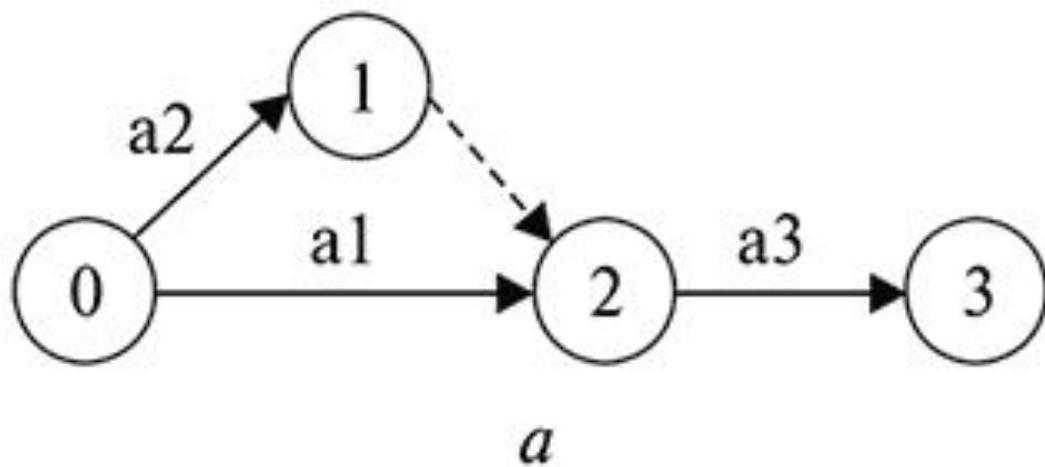
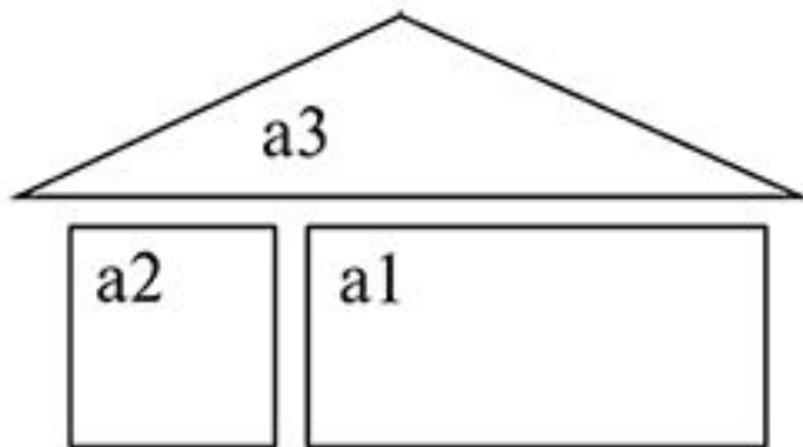
. Диаграмма «ребро – работа» постройки дома

## Правила построения сетевых диаграмм AoA.

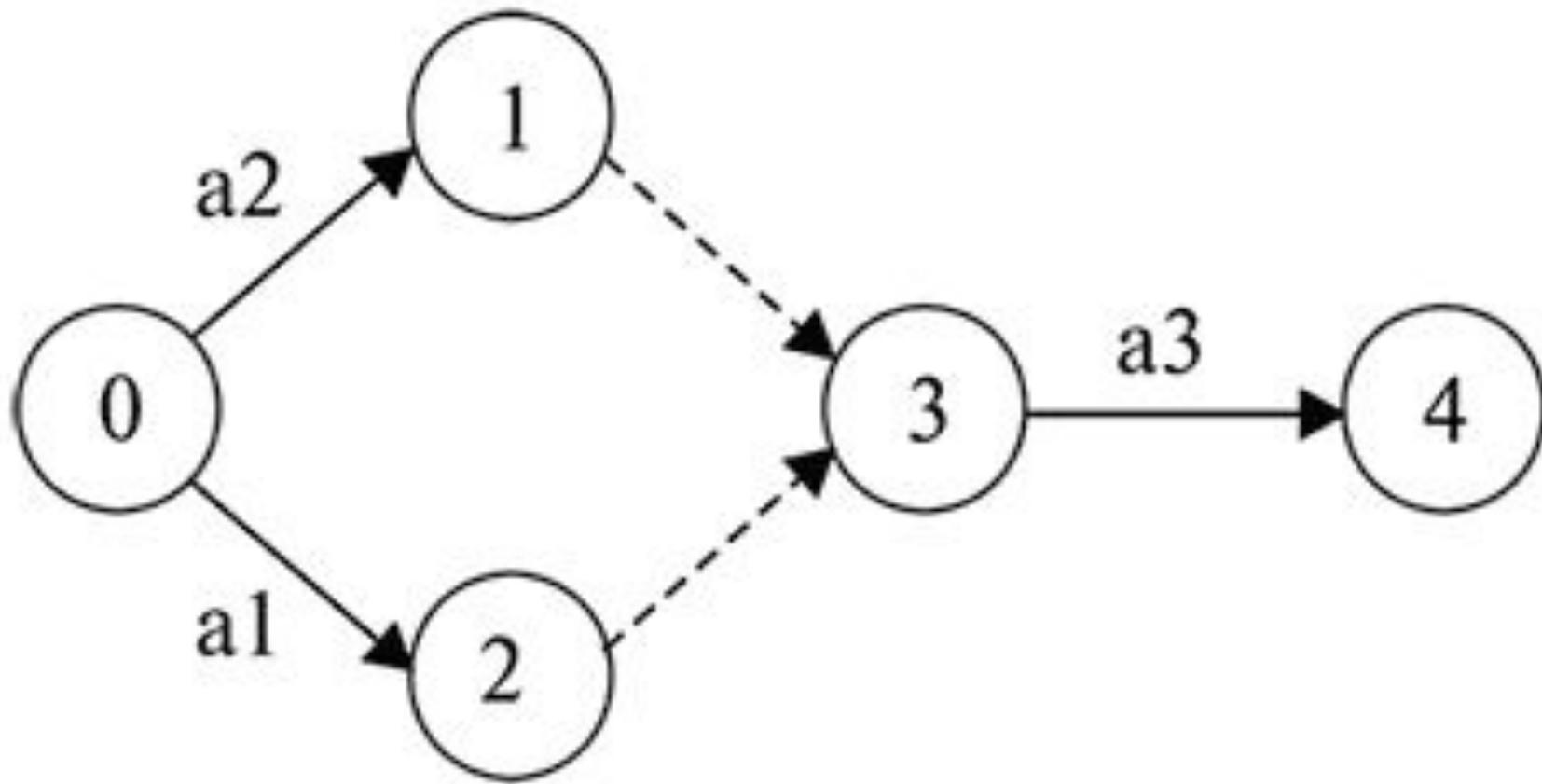
1. Все события проекта должны иметь уникальный номер.
2. Все номера от первого события до последнего должны идти без пропусков.
3. Должно быть только одно событие, в которое не входит ни одна стрелка (начальное событие), и только одно событие, из которого не выходит ни одна стрелка (концевое событие).
4. Любая работа проекта должна идти от события с меньшим номером к событию с большим номером.
5. Не должно существовать двух событий, являющихся для двух и более работ начальным и конечным.



Запрещенные элементы диаграмм AoA



Сетевая диаграмма AoA строительства 2-комнатного дома



Третий вариант диаграммы AoA для примера строительства 2-комнатного дома

## Алгоритм построения стрелочных диаграмм (ADM)

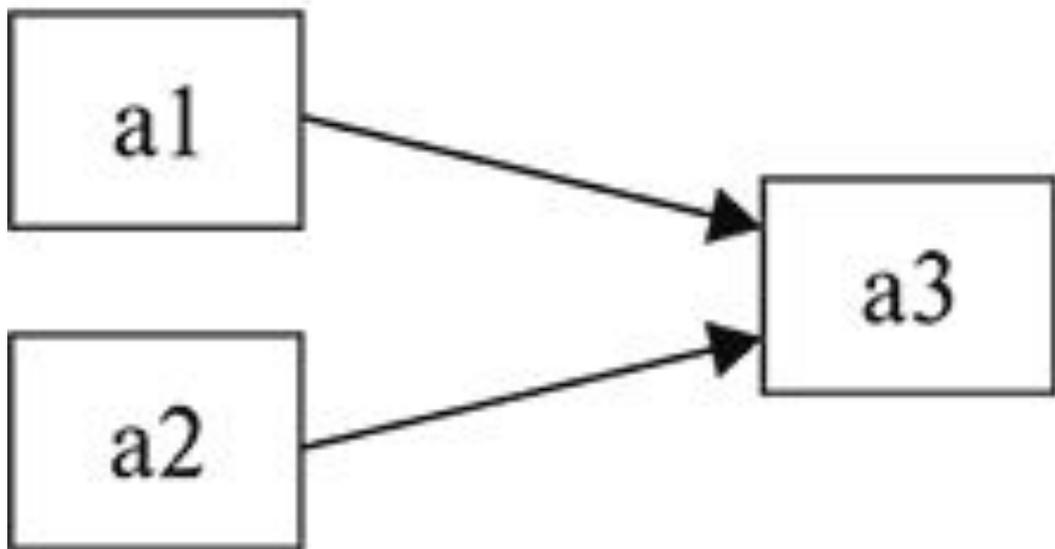
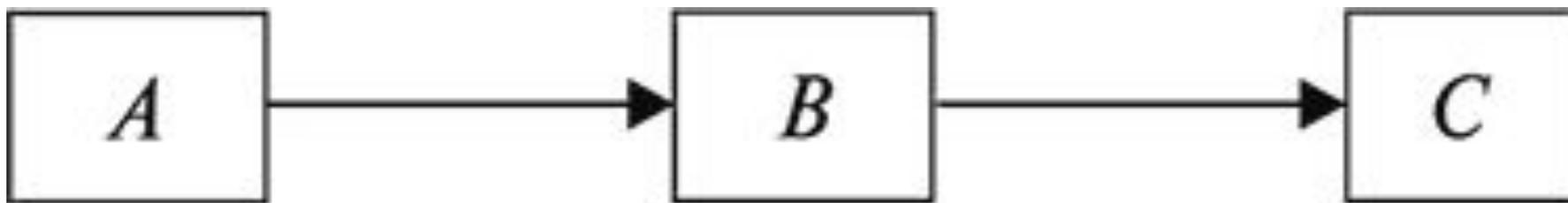
1. Поставить начальное событие.
2. Выделить из всех работ такие, которые не имеют работ-предшественников, и отобразить их на диаграмме, выводя из начального события.
3. Поставить конечные события для новых работ без указания их номера.
4. Из всех оставшихся работ (которых еще нет на диаграмме) выбрать такую, для которой все ее предшественники уже находятся на диаграмме.
5. Поставить новое событие (без номера) и отобразить выбранную работу исходящей из этого события.
6. Соединить фиктивными работами начальное событие вновь добавленной работы и события, уже находившиеся на диаграмме, учитывая отношения предшествования.
7. Перейти к шагу 4, если еще остались работы, не попавшие на диаграмму.
8. Поставить конечное событие и соединить его фиктивными работами так, чтобы оно осталось единственным событием, не имеющим исходящих работ.
9. Оптимизировать вид диаграммы, сокращая лишние фиктивные работы и объединяя некоторые события
10. Пронумеровать события так, чтобы все стрелки шли от событий с меньшим номером к событиям с большим.

Диаграммы «вершина – работа» предложил использовать Джон Фондал (John Fondahl) в 1977 г. в качестве «некомпьютерного аналога метода критического пути».

Сетевая диаграмма «вершина—работа» (AoN — Activity on Node, PDM — Precedence Diagramming Method) — это представление сетевой модели проекта в виде ориентированного графа, в котором работы являются узлами (изображаются прямоугольниками), а связи между работами (отношения предшествования) — стрелками.

#### Алгоритм построения

1. Отображение начальных работ проекта, т. е. работ, не имеющих предшественников.
2. Отображение работ, непосредственно следующих за теми (связанными отношением предшествования), которые получены на предыдущем шаге, и отображение отношений предшествований.
3. Переход к шагу 2 до тех пор, пока не закончатся работы.



Два примера диаграмм «вершина – работа»

**Связь «окончание – начало» (FS)** если работа *A* предшествует работе *B*, то работа *B* не может *начаться* раньше, чем *закончится* работа *A*. Другими словами, начало работы *B* должно быть *не ранее* окончания работы *A*.



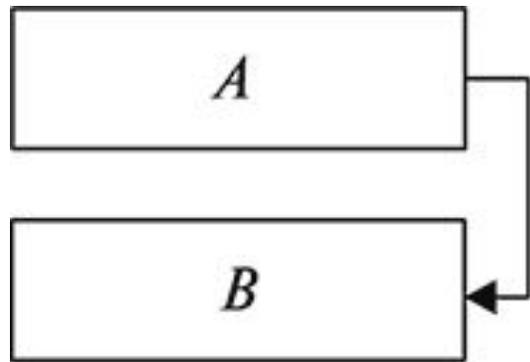
Простое отношение предшествования между работами

В результате перестановок слов «начало» и «окончание» в определении отношения предшествования получается четыре разновидности ограничений предшествования:

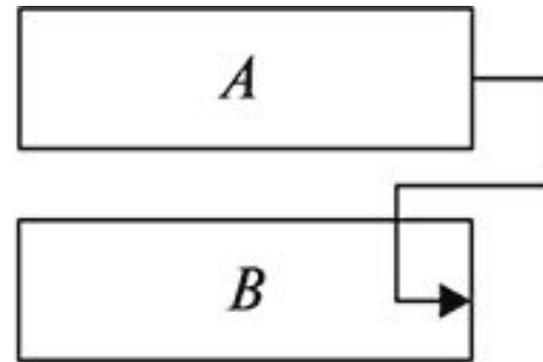
1. FS — «окончание — начало».
2. FF — «окончание — окончание».
3. SS — «начало — начало».
4. SF — «начало — окончание».

**Связь «окончание – окончание» (FF)**[\[1\]](#). Для того чтобы получить формулу этой связи, достаточно подставить вместо слова «начаться» слово «закончится» в определении простого отношения предшествования.

Будем говорить, что работы  $A$  и  $B$  связаны отношением предшествования FF (будем записывать FF:  $A \rightarrow B$ ), если работа  $B$  не может закончиться раньше, чем закончится работа  $A$ .



*a*

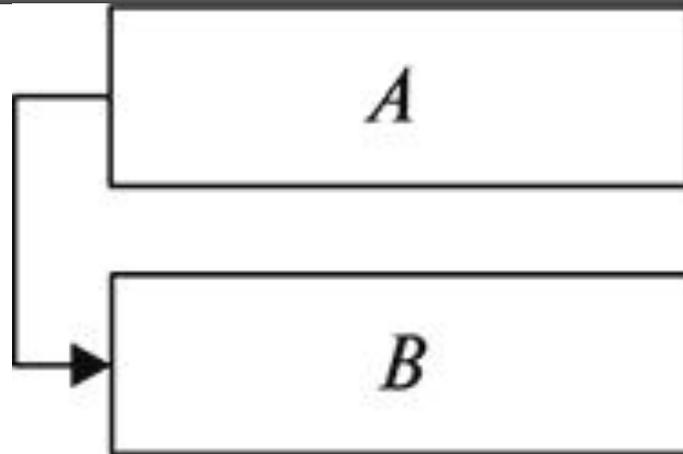


*б*

Отношение предшествования «окончание – окончание» (FF)

**Связь «начало – начало» (SS).** Для того чтобы получить формулу этой связи, достаточно подставить вместо слова «закончится» слово «начнется» в определении простого отношения предшествования.

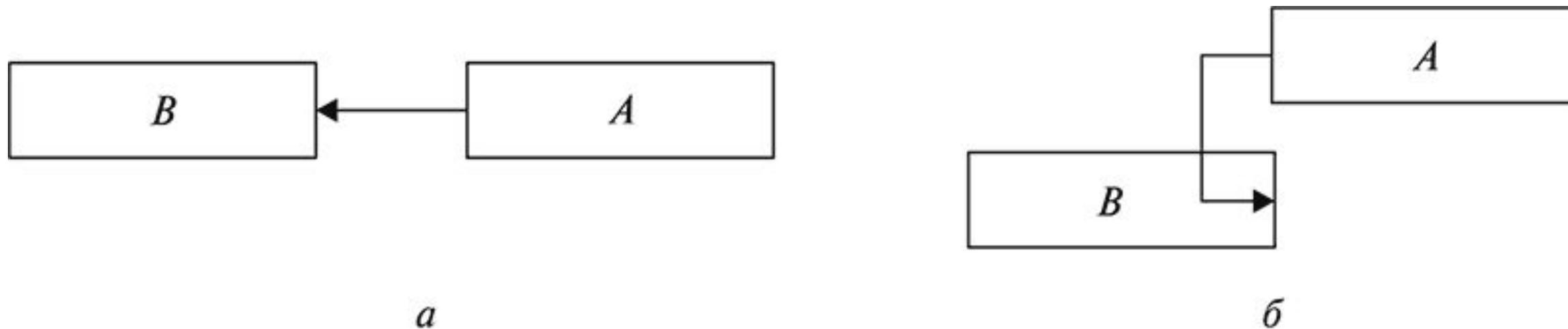
Будем говорить, что работы  $A$  и  $B$  связаны отношением предшествования FF (будем записывать FF:  $A \rightarrow B$ ), если работа  $B$  не может закончиться раньше, чем закончится работа  $A$ .



Отношение предшествования «начало – начало» (SS)

## Связь «начало – окончание» (SF)

Будем говорить, что работы  $A$  и  $B$  связаны отношением предшествования SF (будем записывать SF:  $A \rightarrow B$ ), если работа  $B$  не может закончиться раньше, чем *начнется* работа  $A$ .

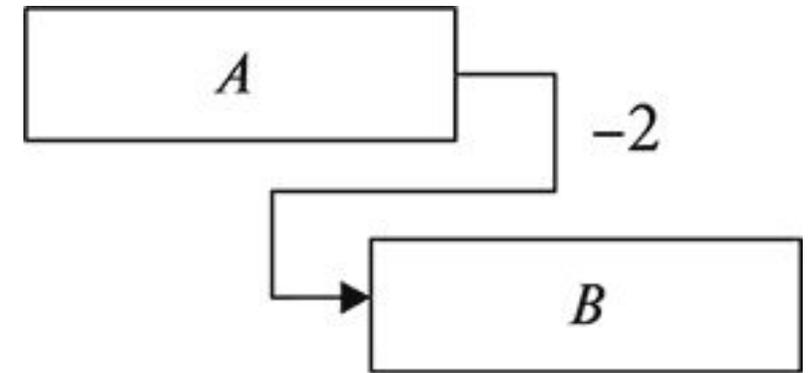
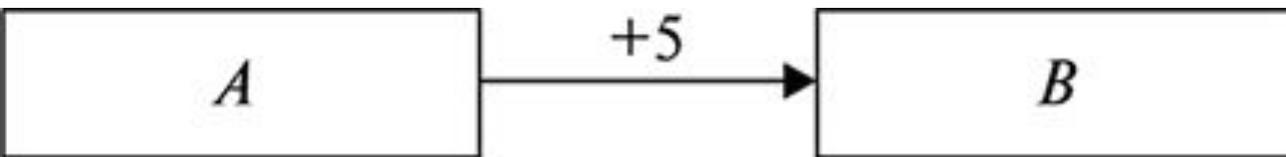


Отношение предшествования «начало – окончание» (SF)

## Связь FS + - лаг.

Отношением предшествования «финиш—старт» с лагом « $+d$ » (сокращенно: FS +  $d$ :  $A \rightarrow B$ ) будем называть ограничение на сроки выполнения работы  $B$ , согласно которому работа  $B$  может начаться только после того, как закончится работа  $A$  и пройдет еще  $d$  дней.

Отношением предшествования «финиш—старт» с лагом « $-d$ » (сокращенно: FS -  $d$ :  $A \rightarrow B$ ) будем называть ограничение на сроки выполнения работы  $B$ , согласно которому работа  $B$  может начаться только после того, как до окончания работы  $A$  останется  $d$  дней.



Связь «окончание – начало» с положительным лагом в 5 дней

Связь «окончание – начало» с отрицательным лагом

# Получение информации о работах проекта

## **Параметрический и нормативный методы**

Нормативный метод предполагает, что у работы есть определенный объем, который должен быть выполнен для ее успешного завершения. Основная идея параметрического метода – определение параметров, от которых зависит продолжительность работы, и зависимости продолжительности работы от этих параметров.

## **Экспертный метод и оценка по аналогам**

Частным случаем экспертной оценки является оценка продолжительности работы по трем точкам, которая подразумевает оценку минимальной (оптимистической), наиболее вероятной и максимальной (пессимистической) продолжительностей работы.

## *Метод критического пути (МКП)*

*МКП предъявляет следующие требования к модели проекта.*

1. Проект состоит из точно определенного множества работ. Все работы в процессе выполнения проекта должны быть закончены и никаких других работ возникнуть не может.
2. Для каждой работы известна продолжительность ее выполнения.
3. На множестве работ введено отношение предшествования. На начало каждой последующей работы влияет только окончание предыдущих работ и отношения предшествования.

*МКП предназначен для:*

- нахождения минимально возможной продолжительности выполнения проекта (минимизация продолжительности при ограничениях на сроки работ в виде отношений предшествования);
- ранжирования работ в каждый момент времени выполнения проекта по их значимости для выполнения всего проекта в минимально возможный срок;
- предоставления информации менеджеру о «бутылочном горлышке» его проекта, называемом критическим путем, для концентрации усилий на тех работах, продолжительность которых напрямую влияет на продолжительность всего проекта.

## *Общий алгоритм МКП*

1. Прямой ход алгоритма. Вычислить самые ранние возможные сроки выполнения работ проекта (начиная с начальных работ и заканчивая конечными).
2. Обратный ход алгоритма. Вычислить самые поздние возможные сроки выполнения работ проекта (начиная с конечных работ и заканчивая начальными).
3. Вычислить резервы для всех работ как разность между поздними и ранними сроками выполнения работ.
4. Рассчитать временные резервы выполнения работ и определить критический путь (один или несколько) как самый длинный путь в сети.

## *Модели с дискретным и непрерывным временем*

*В моделях с непрерывным временем* предполагается, что продолжительность работ может быть любым действительным числом. При этом каждый момент времени проекта измеряется секундомером, начавшим свой отсчет в момент старта проекта

Для моделей с непрерывным временем справедливы формулы:

1. Для любой работы  $A$  выполняется равенство:  $F(A) = S(A) + D(A)$ .
2. Для любого отношения предшествования  $FS + d: A \rightarrow B$  верно  $S(B) \geq F(A) + d$ .

*В моделях с дискретным временем* предполагается, что существует некоторый неделимый шаг, например, день, и: а) весь проект состоит из целого количества таких шагов; б) продолжительность работ состоит из целого количества шагов.

Обобщая, получим формулы:

1. Для любой работы  $A$  выполняется равенство:  $F(A) = S(A) + D(A) - 1$ .
2. Для любого отношения предшествования  $FS + d: A \rightarrow B$  верно  $S(B) \geq F(A) + d + 1$ .

Если подставить формулу (1) в формулу (2), то получится:

3. Для любого отношения предшествования  $FS + d: A \rightarrow B$  верно  $S(B) \geq S(A) + D(A) + d$ .

**Прямой расчет сети.** Под прямым анализом сети в литературе, как правило, подразумевается прямой ход алгоритма расчета критического пути, который заключается в расчете самых ранних возможных сроков выполнения работ.

Ранние сроки начала (окончания) работы — это минимальное время, которое может пройти от начала проекта до начала (окончания) выполнения этой работы без нарушения отношений предшествования.

**Обратный расчет сети.** Обратный анализ сети предполагает расчет как можно более поздних сроков выполнения работ проекта (насколько позволяют отношения предшествования) – от самых последних работ к самым первым. Это становится возможным, если определить день окончания проекта, при этом у нас есть два варианта:

1. Позднее окончание проекта совпадает с ранним окончанием проекта (было рассчитано при прямом ходе метода МКП).
2. Существует так называемая дата навязанного финиша – внешнее ограничение на срок выполнения всего проекта.

Поздними сроками начала (окончания) работы называется максимальное время, которое может пройти с начала проекта до начала (окончания) выполнения этой работы и позволит закончиться проекту вовремя, без нарушений отношений предшествования.

## Резервы и критический путь

Полным резервом (или просто резервом) работы (*SLK*) называется время, на которое можно задержать выполнение этой работы без увеличения продолжительности всего проекта.

Полный резерв работы равен разности между поздними и ранними сроками начала или окончания этой работ

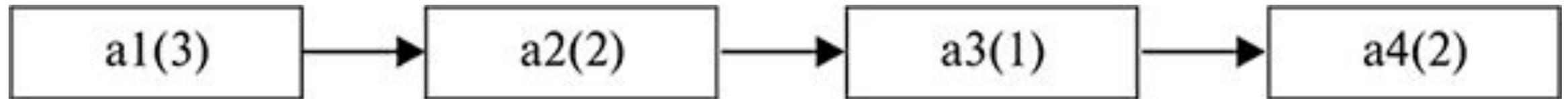
*SLK* – от *англ.* Slack – резерв.

Среди всех работ особенный интерес вызывают работы с нулевым резервом.

Работа, имеющая нулевой полный резерв, называется критической работой.

Путем в проекте называется последовательность работ проекта  $P = (a_{i_1}, a_{i_2}, a_{i_3}, \dots, a_{i_k})$ , связанных отношениями предшествования.

Продолжительностью пути называют минимальное время, которое может пройти с момента начала первой работы пути до момента завершения последней работы пути.



Пример пути

Путь называется полным, если для его первой работы не существует ни одного предшественника, а для последней работы не существует ни одного последователя.

Резервом пути называется разница между продолжительностью проекта и длиной этого пути.

Путь называется критическим, если его резерв равен нулю.

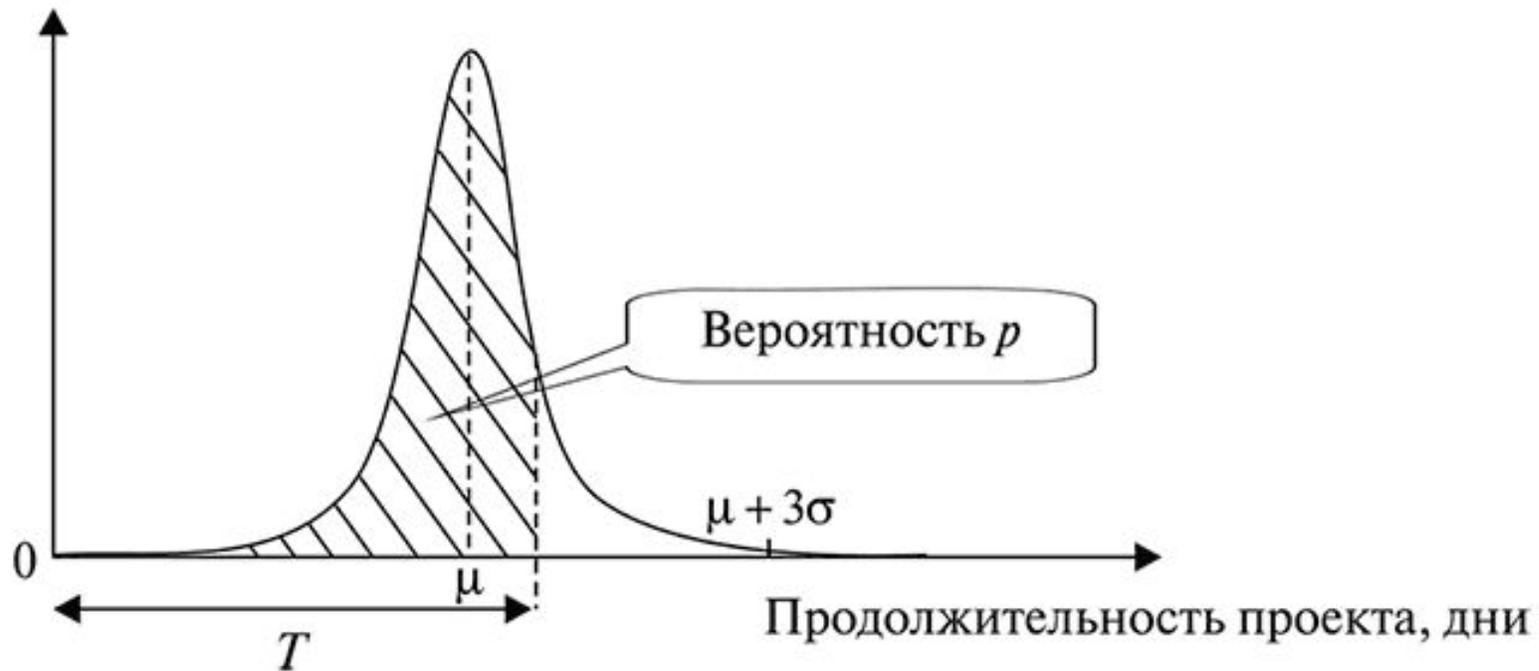
PERT – аббревиатура от *англ.* Program (Project) Evaluation and Review Technique, что в переводе на русский язык означает «метод оценки и анализа программ».

PERT разрабатывался параллельно с МКП и имеет с ним много общего, но был опубликован несколько позже. Именно команда разработчиков PERT предложила использовать понятия «критическая работа» и «критический путь», которые затем прочно вошли в МКП.

Основное отличие PERT от МКП заключается в том, что продолжительности работ считаются случайными величинами. Другими словами, PERT позволяет учесть неопределенность реальных продолжительностей выполнения работ проекта для оценки и анализа сроков его выполнения.

Знание вероятностных распределений случайных величин продолжительностей работ проекта и продолжительности всего проекта позволяют проводить анализ сроков его выполнения, который осуществляется посредством решения следующих задач.

1. Определение вероятности  $p$ , с которой проект закончится в заданные сроки  $T$ .
2. Определение минимальной продолжительности проекта  $T$ , за которую закончится проект с заданной вероятностью  $p$ .



Вероятность завершения проекта в указанные сроки

## *Алгоритм PERT*

1. Определение средних продолжительностей и дисперсий работ проекта .
2. Определение критического пути.
3. Нахождение средней продолжительности и дисперсии всего проекта.
4. Анализ сроков выполнения проекта.

## Особенности метода PERT

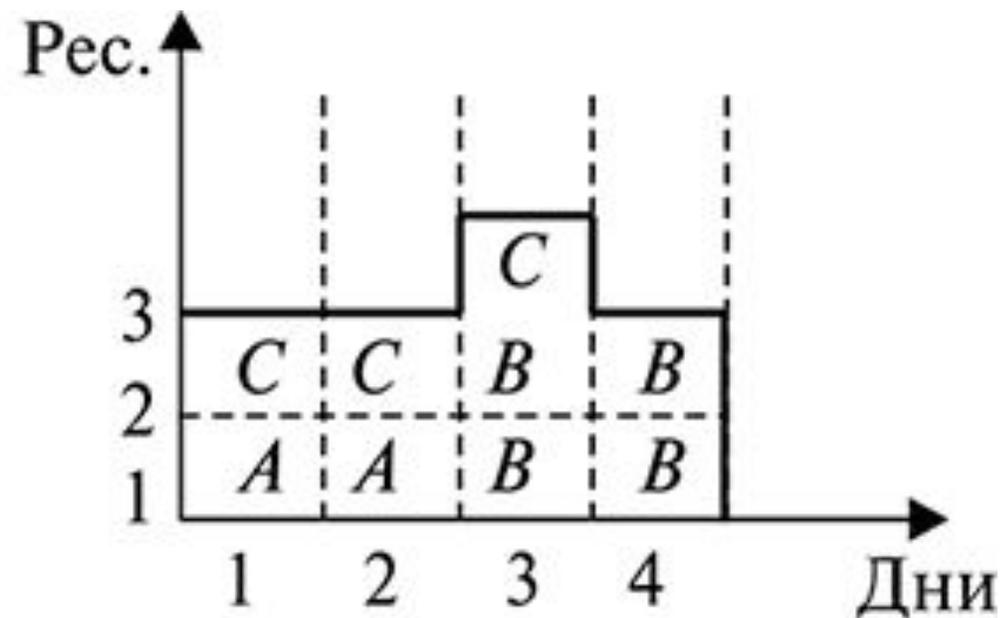
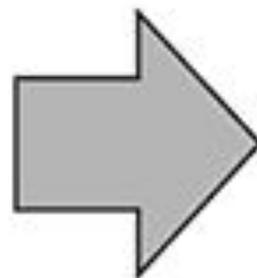
- PERT следует применять лишь для крупных проектов с большим числом работ (более 300). Помимо достаточного (для применения центральной предельной теоремы) числа работ критического пути это обеспечит независимость случайных величин их продолжительностей.
- Для применения PERT необходимо подобрать экспертов и организовать их работу для получения оценок оптимистической, пессимистической и наиболее вероятной продолжительностей для каждой работы проекта. От качества этой работы будет зависеть качество применения PERT.
- PERT занижает оценку продолжительности проекта. Чем больше параллельно идущих работ, тем серьезнее ошибка. Для ее устранения следует воспользоваться методом Монте-Карло.
- Критическим путем проекта при его реализации может оказаться путь, отличный от того, который был получен с помощью метода PERT. Степень критичности той или иной работы проекта также зависит от конкретной его реализации. Можно говорить лишь о вероятности того, что работа будет критической.
- PERT не учитывает существующие ограничения на ресурсы и действия проектного менеджера, который стремится выполнить проект в заданные сроки.

Возобновляемый ресурс — это ресурс, в использовании которого существует ограничение в каждом дне (в каждом шаге планового периода) выполнения проекта.

Невозобновляемый ресурс — это ресурс, в использовании которого существует ограничение на весь период выполнения проекта.

Основными инструментами разрешения ресурсных конфликтов являются:

- график загрузки ресурсов;
- использование выравнивающих задержек;
- использование ресурсных отношений предшествования.



Загрузка ресурса проекта

Выравнивание ресурсов — процесс устранения ресурсных конфликтов, реализующийся путем добавления выравнивающих задержек для выполнения работ проекта.

Расписание проекта называется допустимым, если оно удовлетворяет всем ограничениям, накладываемым условиями проекта. К таким ограничениям, в первую очередь относятся: а) отношения предшествования; б) ресурсные ограничения.

Метод критической цепи является результатом применения теории ограничений (Theory of Constraints – ТОС) к управлению проектами. Теория ограничений разработана израильским физиком Элияху Голдраттом в 1980-х годах (Голдратт, Кокс, 2009). Ее суть кратко можно описать следующим образом – прочность всей металлической цепи определяется прочностью ее самого слабого звена. Поэтому не стоит тратить время и ресурсы на совершенствование «крепких» звеньев, а нужно: а) найти самое слабое звено, и б) направить все усилия на его укрепление.

## Основные особенности МКЦ.

- Нацелен на скорейшее выполнение проекта.
- Является преемником МКП, вобрав в себя все его лучшие достижения, поэтому переход на управление по МКЦ не будет сложным.
- Позволяет управлять расписанием проекта в условиях ограниченных возобновляемых ресурсов.
- Учитывает неопределенность продолжительностей работ, являясь преемником метода PERT.
- Позволяет мобилизовать команду проекта на достижение его целей, обладая организационными и психологическими механизмами стимулирования.
- Требует высокой культуры управления проектом.
- Существует проблема оценки прежде всего питающих буферов проекта.
- Требует работы выделенной команды.
- Исключает использование контрольных событий проекта.
- Управление проектом по МКЦ сильно изматывает участников команды, так как заставляет каждого постоянно работать в полную силу и часто сталкиваться с задержкой выполнения работ

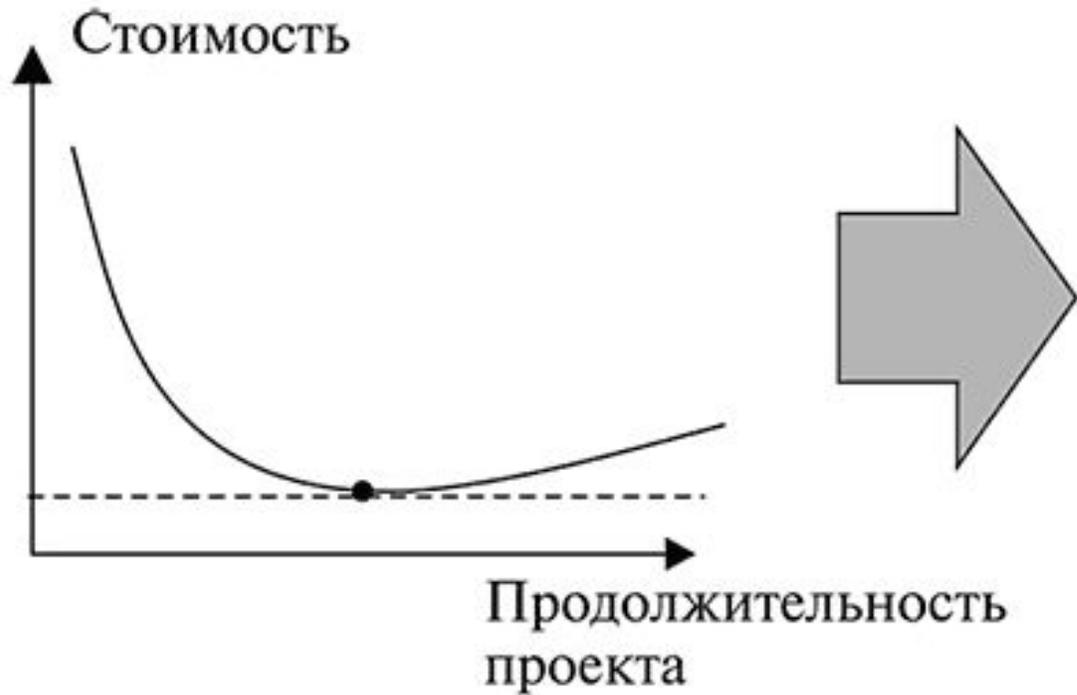
## методы сжатия расписания

- 1. Дополнительное выравнивание возобновляемых ресурсов.**
- 2. Выделение дополнительных возобновляемых ресурсов.**
- 3. Быстрый проход.**
- 4. Сжатие.**

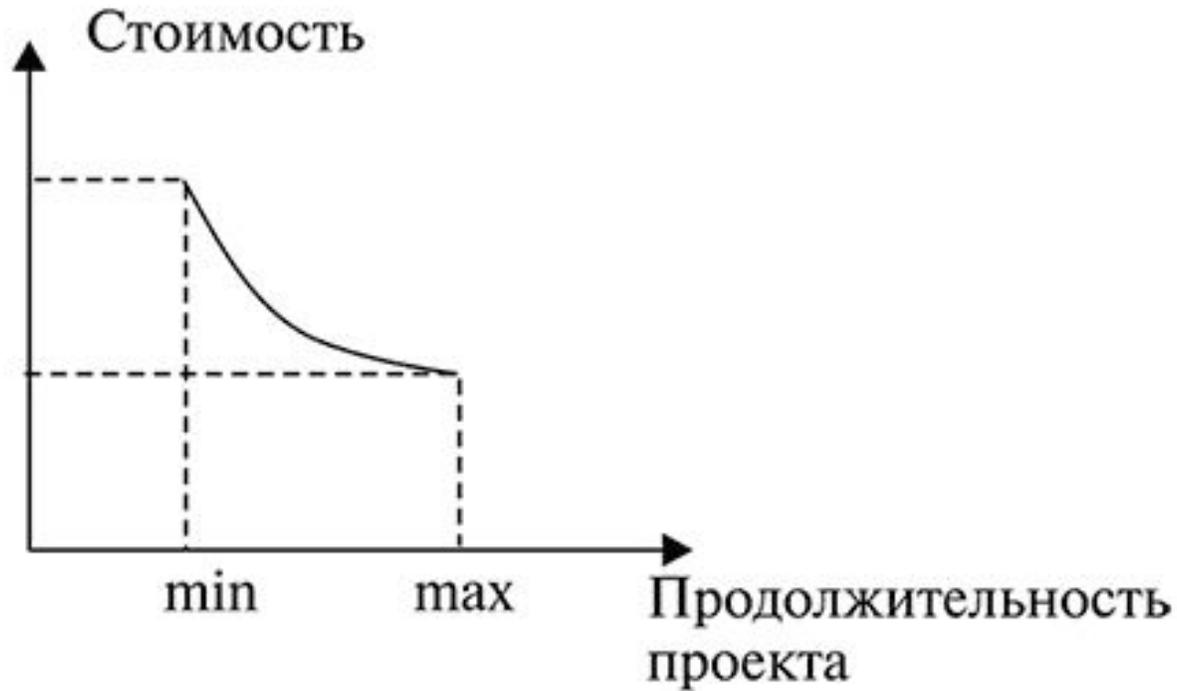
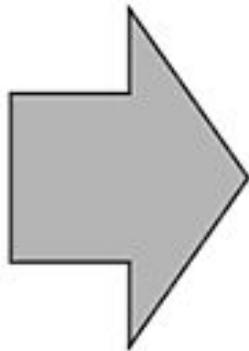
Из приведенных методов особого внимания заслуживает последний – «сжатие», более известный в литературе как проблема нахождения компромисса по времени и стоимости

Стоимость и продолжительность являются ключевыми характеристиками любого проекта, которые непосредственным образом влияют на его успешность.

Достижение оптимального соотношения между продолжительностью и стоимостью проекта является одной из важнейших задач, которые стоят перед проектным менеджером. Желание выполнить проект в сжатые сроки, скорее всего, приведет к росту его стоимости. И напротив, если есть возможность выполнить данный проект значительно раньше установленных сроков, то, вероятно, отыщется способ сделать его дешевле.



*a*



*б*

Соотношение продолжительность – стоимость проекта