

## Семинар – Оптимизация сетевого графика

- 1 Цель оптимизации
- 2 Порядок оптимизации
- 3 Оптимизация модели по времени
- 4 Проверка допустимости оптимизации
- 5 Оптимизация численности исполнителей
- 6 Частная и комплексная оптимизация

### 1 Цель оптимизации

Цель **оптимизации** сетевого графика заключается в сокращении времени критического пути, т.е. в сокращении продолжительности выполнения комплекса работ, а также – в сокращении количества их исполнителей.

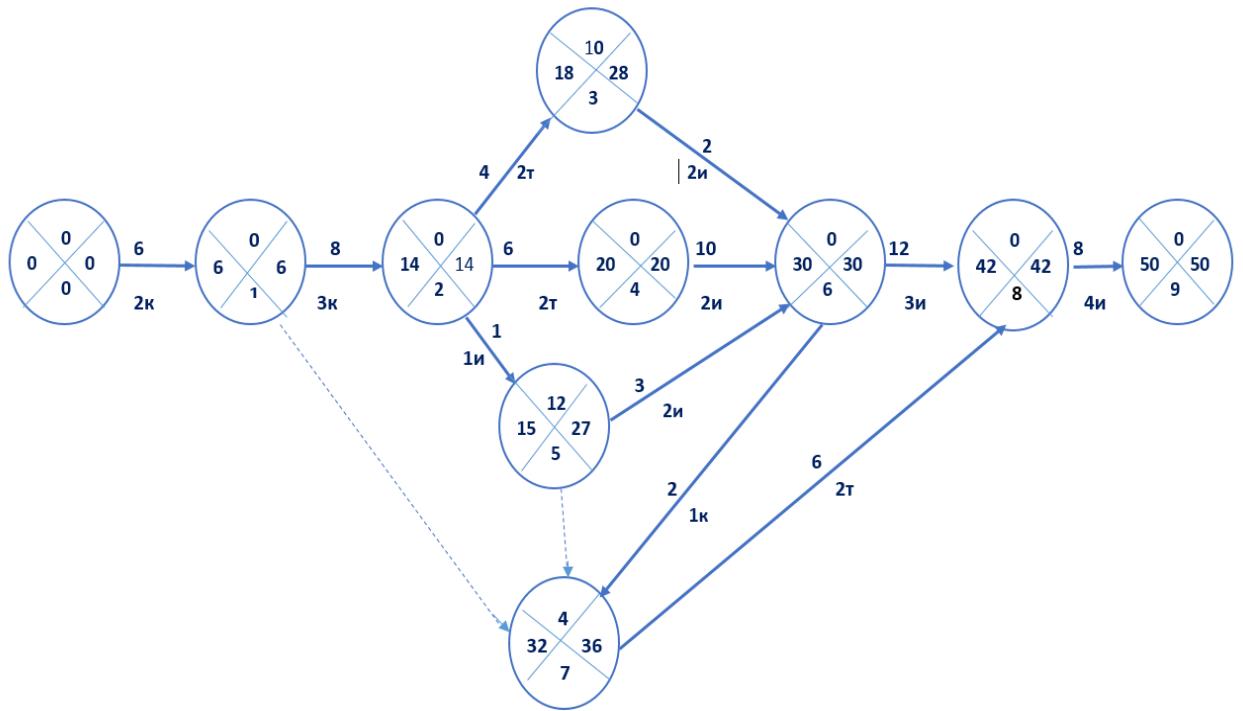
Иначе, оптимизация проводится по времени и по ресурсам, в первую очередь, трудовым. При этом оптимизация по ресурсам означает уменьшение численности исполнителей и выравнивание их загрузки.

Оптимизация сетевого графика проводится несколькими способами:

- изменением топологии сетевой модели, т.е. разделением какой-либо работы на несколько работ, выполняемых параллельно, например, работу по изготовлению пресс-форм, штампов, приспособлений для механической обработки и для сборочных работ. Все четыре работы могут выполняться параллельно;
- перераспределением ресурсов, т.е. переводом части исполнителей с ненапряжённых работ (имеющих полные резервы работ) на работы критического пути. В результате такого перераспределения продолжительность ненапряжённых работ увеличивается, а работ критического пути уменьшается;
- изменением срока начала и окончания работ ненапряжённых путей в пределах полного резерва времени этих работ.

### 2 Порядок оптимизации

Сетевую модель с рассчитанными параметрами (рис.1) переносят на временную ось (рис.2).



Или

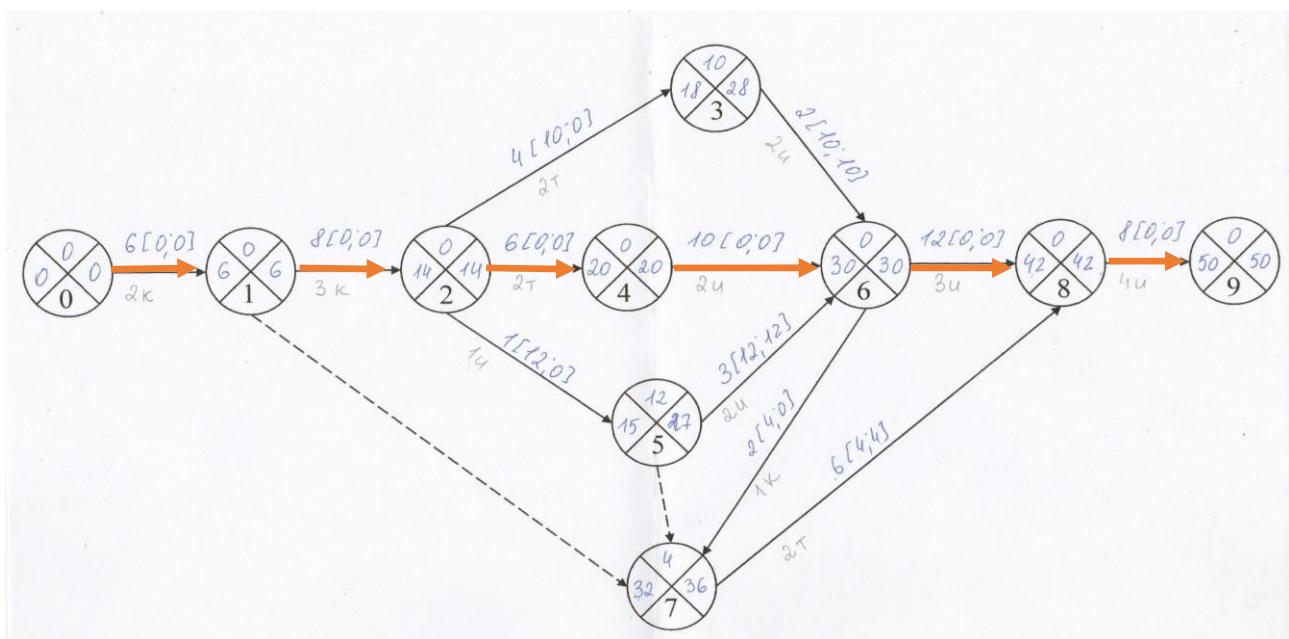


Рис. 1, 2 Сетевая модель (график) с рассчитанными параметрами

При этом события фиксируются по раннему сроку их свершения –  $T_{pc}$ .

Сначала на календарную ось переносят работы критического пути.

Затем все остальные.

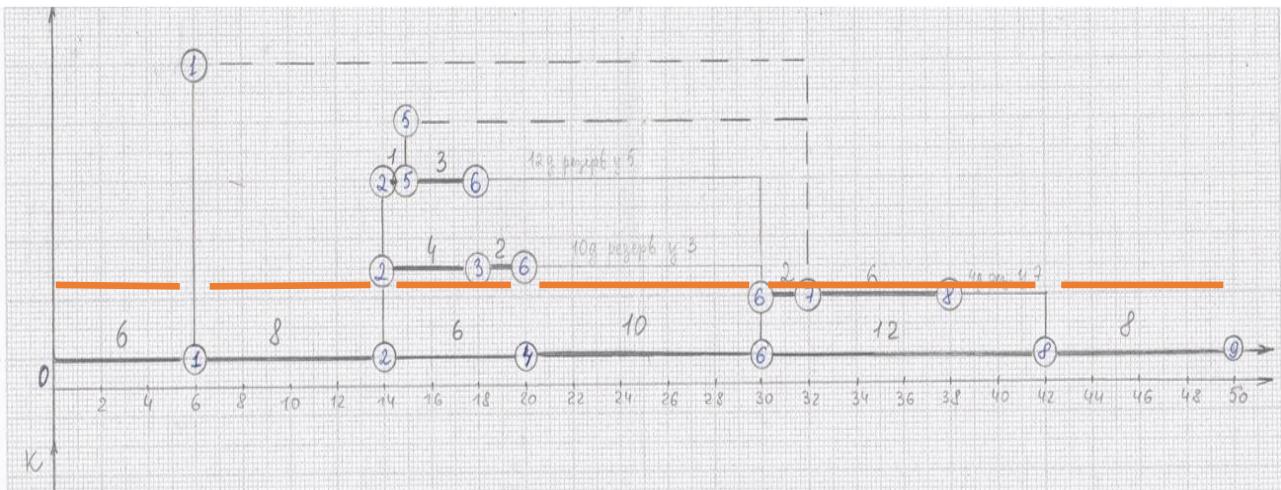
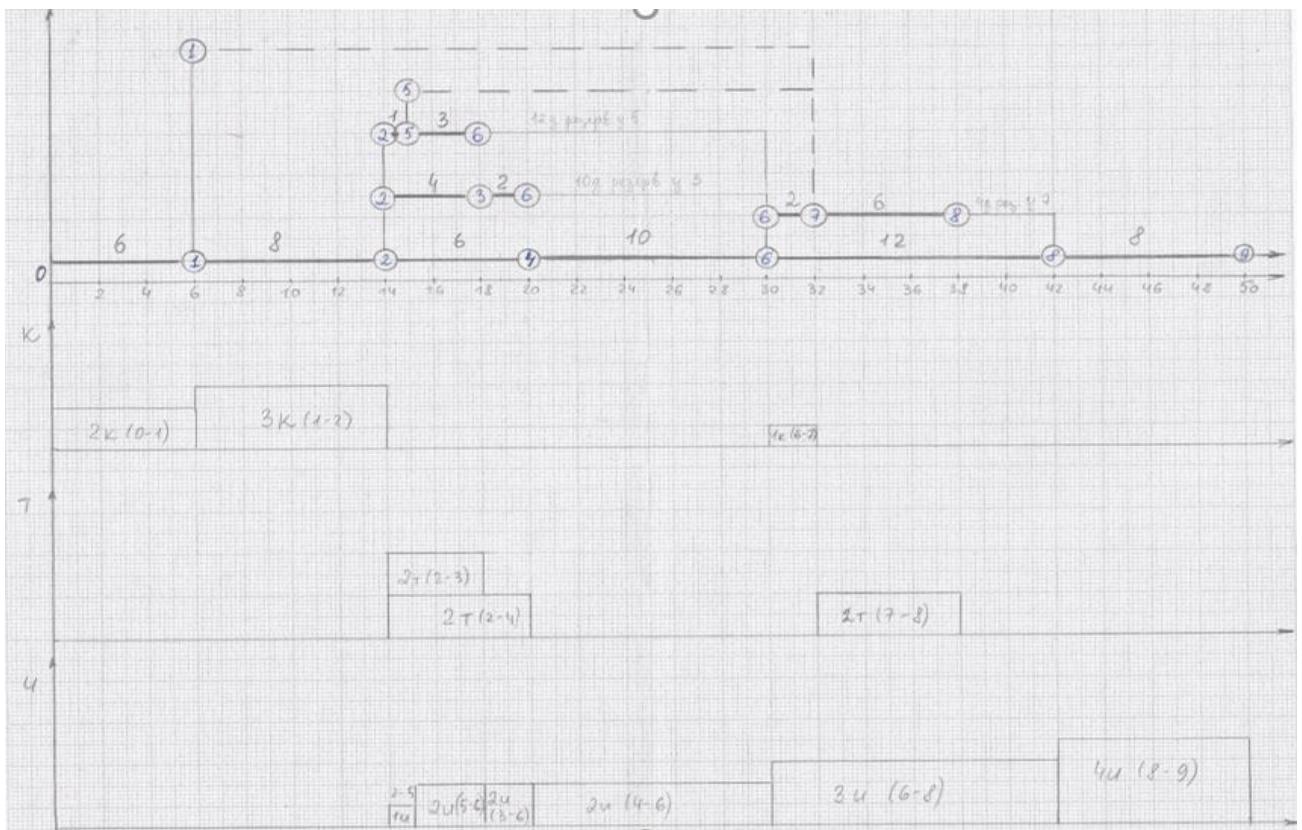


Рис.3 Сетевая модель (график) на временной оси

Строго под графиком на временной оси для каждой категории исполнителей строят графики их загрузки (рис.3).



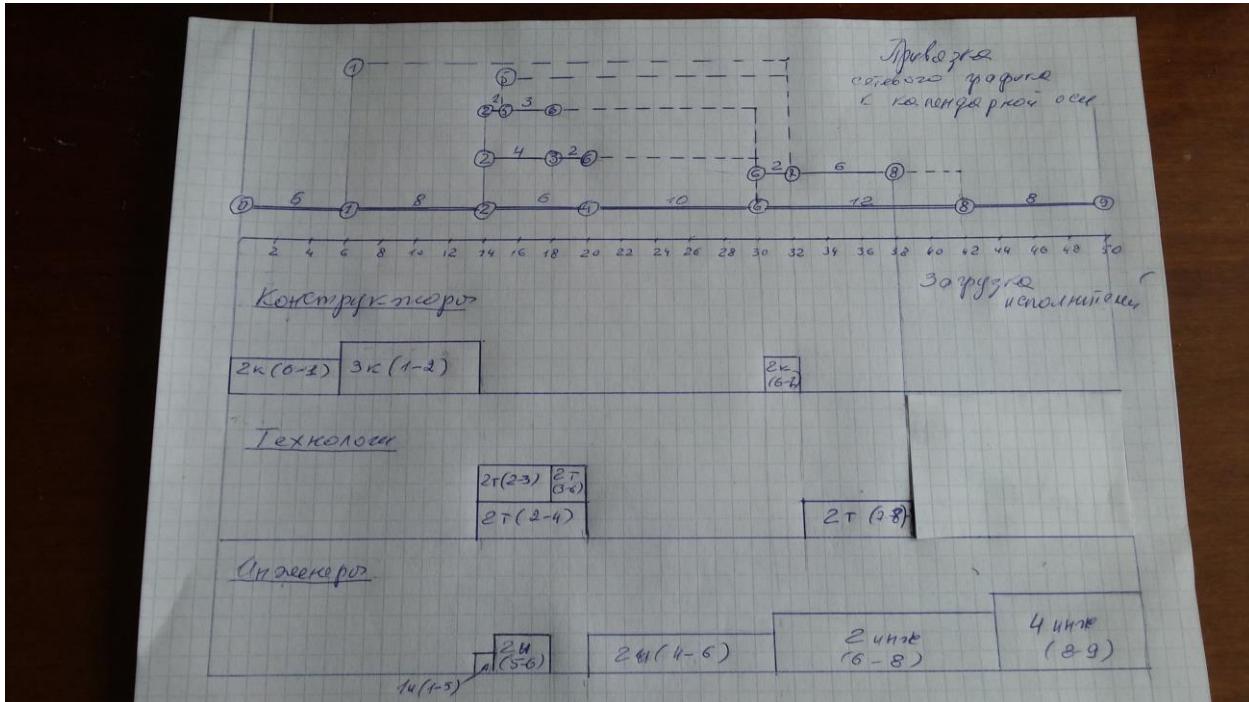


Рис.3,4 Графики загрузки исполнителей по их категориям

### 3 Оптимизация модели по времени

Оптимизация модели по времени приводит к сокращению длительности критического пути за счёт сокращения продолжительности одной или нескольких работ, лежащих на критическом пути. При этом увеличивается длительность работ, лежащих не на критическом пути и имеющих полные резервы. К такому результату приводит перевод части исполнителей с работ некритического пути, имеющих полный резерв, на работы критического пути.

Работы критического пути (рис.1, 2, 3): **0-1-2-4-6-8-9**.

Продолжительность критического пути:  $L_{kp} = 6+8+6+10+12+8=50$  (дн.)

Работа **3-6**, продолжительностью 2 дн. и исполняемая двумя инженерами, не лежит на критическом пути и имеет полный резерв работ  $R_p = 10$  (дн.).

Работа **5-6**, продолжительностью **3** дн., также исполняемая двумя инженерами, не лежит на критическом пути и имеет полный резерв работ  $R_p = 12$  (дн.).

А работы критического пути **4-6** и **6-8**, исполняемые также двумя и тремя инженерами соответственно, лежат на критическом пути и имеют максимальную продолжительность 10 и 12 дней соответственно.

Объём работы **3-6** составляет:  $Q_{36} = t_{36} \cdot R_{36} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ ч}\cdot\text{дн.}$ ;

При уменьшении численности исполнителей на одного человека продолжительность работы **3-6** увеличится и составит:

$$t'_{36} = Q_{36} / (\text{Ри}_{36} - 1) = 4 / (2-1) = 4 \text{ дн.}$$

Объём работы **6-8** составляет:  $Q_{68} = t_{68} \cdot \text{Ри}_{68} = 12 \cdot 3 = 36 \text{ ч}\cdot\text{дн.}$

При увеличении численности исполнителей работы **6-8** за счёт уменьшения количества исполнителей на работе **3-6** продолжительность работы критического пути **6-8** уменьшится и станет:  $t'_{68} = Q_{68} / (\text{Рк}_{68} + 1) = 36 / (3+1) = 9 \text{ дн.}$

Аналогичные расчёты можно выполнить для работ **5-6** и **4-6**.

Объём работы **5-6**:  $Q_{56} = t_{56} \cdot \text{Ри}_{56} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ ч}\cdot\text{дн.}$

Продолжительность работы **5-6**:  $t'_{56} = Q_{56} / (\text{Рк}_{56} - 1) = 6 / (2-1) = 6 \text{ дн}$

Объём работы **4-6**:  $Q_{46} = t_{46} \cdot \text{Рк}_{46} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ ч}\cdot\text{дн.}$

Продолжительность работы **4-6**:  $t'_{46} = Q_{46} / (\text{Рк}_{46} + 1) = 20 / (2+1) = 6,7 = 7 \text{ дн.}$

Таким образом, удалось сократить критический путь на 6 дней ( $\Delta t_{68} = 12 - 9 = 3 \text{ дн.}$  и  $\Delta t_{46} = 10 - 7 = 3 \text{ дн.}$ ).

Величина критического пути после оптимизации:

$$L^{\text{опт}}_{\text{кр}} = 6+8+6+7+9+8=44 \text{ (дн.)}$$

#### 4 Проверка допустимости оптимизации по времени

Величина отрезка критического пути с работами **2-4, 4-6, 6-8** до оптимизации:

$$L_{2-4-6-8} = 6+10+12=28 \text{ дн.}$$

После оптимизации:

$$L'_{2-4-6-8} = 6+7+9=22 \text{ дн.}$$

Критический путь уменьшился на  $\Delta L_{\text{кр}} = 28-22 = 6 \text{ дн.}$

При этом величина отрезка критического пути с работами **2-4 и 4-6** после оптимизации составила

$$L'_{2-4-6} = 6+7 = 13 \text{ дн.}$$

На данный отрезок критического пути опираются два отрезка с работами **2-3, 3-6 и 2-5, 5-6**.

После оптимизации их продолжительность стала

$$L'_{2-3-6}=4+4=8 \text{ дн.}$$

$$L'_{2-5-6}=1+6=7 \text{ дн.}$$

Таким образом, проведённая оптимизация была допустима.

При этом, полный резерв пути **2-3-6** составил  $R' = 13-8 = 5$  дн.

Полный резерв пути **2-5-6** составил  $R' = 13-7 = 6$  дн.

## 5 Оптимизация численности исполнителей

Далее необходимо сделать расчёт параметров сетевой модели с учётом оптимизации продолжительности критического пути и провести оптимизацию численности исполнителей по категориям.

Т.е. построить сетевой график с уточнёнными параметрами на временной оси и в том же масштабе графики загрузки исполнителей.

Оптимизация численности исполнителей работ проводится обычно за счёт свободного резерва. Допустимо и за счёт полного резерва работ.

Для выбранной работы оценивается её объём и рассчитывается её продолжительность при уменьшении числа исполнителей. При этом необходимо проверять, не превысит ли новая продолжительность работы свободный резерв, имевшийся до оптимизации.

Высвободившие исполнители переводятся обычно на работы других проектов.

После каждого оптимизационного действия проводится анализ их результатов: допустима ли была оптимизация, как изменились при этом резервы (полный и свободный) рассматриваемых работ, каким образом и для каких целей можно их использовать в дальнейшем.

На основе проведённой оптимизации делаются выводы.

## 6 Частная и комплексная оптимизация

В зависимости от полноты решаемых задач оптимизация может быть разделена на частную и комплексную.

Частная оптимизация – минимизация времени инновационных проектов при фиксированных затратах, минимизация численности используемых работников, минимизация затрат при заданном времени выполнения и др.

При наличии полных резервов ( $P_k < 0,35$  – свершение событий в заданный директивный срок) направляют дополнительные трудовые ресурсы на работы критического пути, перераспределяя их с путей, имеющих резервы времени. При этом учитывается квалификационный и профессиональный состав работников.

Комплексная оптимизация сетевой модели – нахождение оптимального соотношения затрат и сроков выполнения его стадий и этапов.

При невозможности оптимизации сроков и загрузки за счет внутренних резервов приходится прибегать к внешним источникам. При этом удобно использовать графики «время — затраты» (рис. 1.19), в которых отражается минимально возможная величина денежных затрат  $S_{min}$  на выполнение работы в нормативное время  $t_n$ , минимально возможное время выполнения работы  $t_{min}$  при повышенных размерах денежных затрат  $S_n$ .

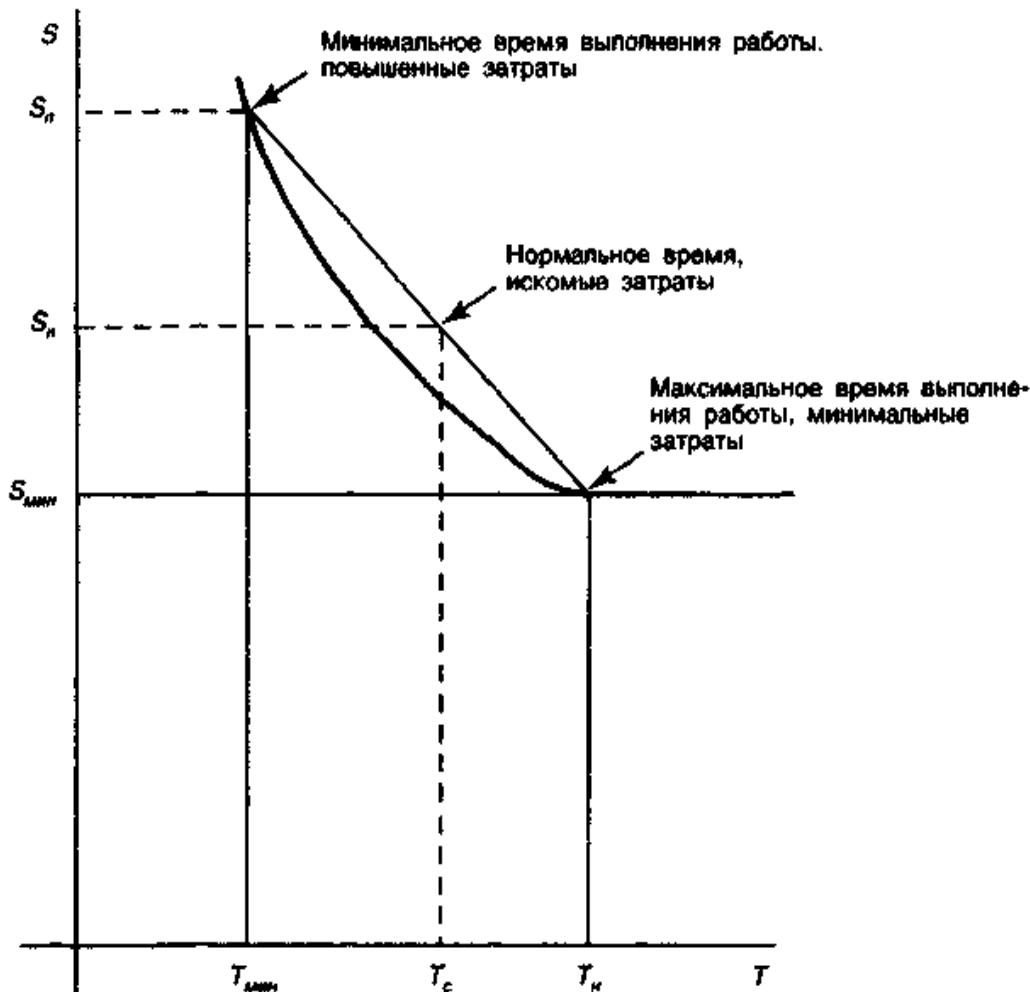


Рис. 1.19. График «время—затраты»

Аппроксимирующая прямая позволяет установить размеры увеличения затрат при необходимости сокращения сроков выполнения работы или решения обратной задачи. Величина дополнительных затрат  $\Delta S$ , необходимых для выполнения работы в какое-то **искомое время  $t_n$** , которое меньше  $t_n$ :

$$\Delta S = (S_n - S_c)(t_n - t_n) / (t_n - t_{min})$$