

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 01.02.2018

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be250bd2374d1615c0ce536f01c6

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра программной инженерии



## ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

Методические указания к практическому занятию  
по дисциплине «Методы оптимальных решений»  
для студентов направления подготовки  
38.03.01 «Экономика»

Курск 2018

УДК 519.6

Составители: В.В. Свиридов, Т.В. Алябьева

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии ЮЗГУ *В.В. Апальков*

**Построение сетевых графиков:** методические указания к практическому занятию по дисциплине «Методы оптимальных решений» для студентов направления подготовки 38.03.01 «Экономика» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Свиридов, Т.В. Алябьева. Курск, 2018. 22 с.

Изложены основные сведения о методах построения сетевых графиков. Рассмотрены примеры выполнения заданий. Приведены варианты заданий, контрольные вопросы к защите практической работы.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы по дисциплине «Методы оптимальных решений».

Материал предназначен для студентов 38.03.01 «Экономика» очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 02.10.2018.. Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л.1,1. Уч.- изд. л.1,0. Тираж 100 экз. Заказ 2142. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Содержание**

1. Цель занятия .....	4
2. Краткие теоретические сведения .....	4
3. Пример выполнения задания.....	9
4. Индивидуальные задания .....	14
5. Контрольные вопросы .....	22

## ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

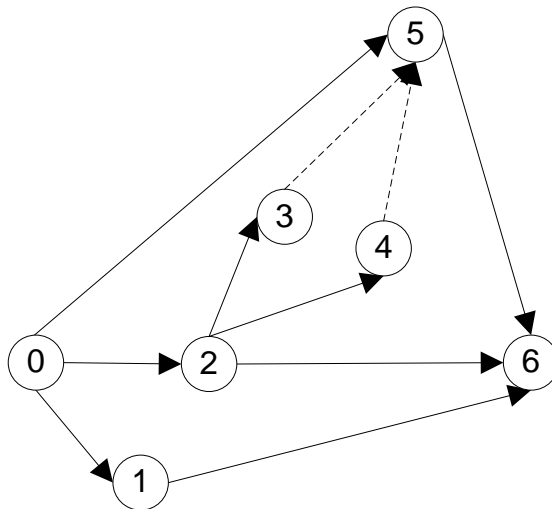
### 1. Цель занятия

Целью практического занятия является получение навыков построения анализа сетевых графиков.

**Задание.** Для заданного комплекса работ построить сетевой график, найти общую продолжительность проекта и критический путь, для каждой работы определить сроки раннего и позднего начала и окончания. Рассчитать полный, свободный и независимый резерв по каждой работе.

### 2. Краткие теоретические сведения

*Сетевая модель (график, граф, сеть)* представляет собой графическую модель, в которой изображаются взаимосвязи и результаты всех работ планируемого комплекса (см. рисунок).



Основными элементами сетевой модели являются события, работы, путь.

*Событие* – это результат *выполнения* одной или нескольких работ.

Событие – это свершившийся факт, оно *занимает* лишь один момент во времени и не имеет продолжительности. Событие указывает на начало каких-либо работ и может быть одновременно итогом завершения других работ. Событие формулируется в совершенной форме, то есть что-то сделано, выполнено, закончено (например: «задание выполнено», «механическая обработка деталей закончена»).

Различают две группы *событий*: для всей совокупности работ – исходное ( $I$ ) и завершающее ( $C$ ), для каждой работы – начальное ( $i$ ) и конечное ( $j$ ).

В сетевой модели событие *изображается геометрической фигурой* (круг, прямоугольник, квадрат, шестиугольник и т. д.), в которой указывается порядковый номер или шифр события, а иногда и название события.

*Работа* – это любой процесс, действие, приводящее к достижению определенных результатов (событий).

Различают следующие виды работ: действительную работу, ожидание, фиктивную работу.

*Действительная работа* – процесс, требующий *затрат времени и исполнителей* (разработка маршрутной технологии, изготовление штампов, разработка чертежей, механическая обработка деталей).

*Ожидание* – пассивный процесс, требующий только *затрат времени* (процесс сушки после покраски, старения металла, твердения бетона).

Графически действительная работа и ожидание изображаются сплошной линией со стрелкой, которая означает затраты времени, необходимого для выполнения данной работы. Затрачиваемое на работу время указывается над стрелкой, а число исполнителей под стрелкой.

*Фиктивная работа* представляет собой логическую связь между событиями, она не требует затрат времени и исполнителей, но обуславливает возможность начала одной работы только после непосредственного получения результата другой работы (передача по телефону или телетайпу необходимой информации).

На сетевой модели *фиктивная работа* изображается *пунктирной линией*.

*Путем* называется любая *последовательность* работ в сетевой модели, в которой конечное событие одной работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы.

В сетевой модели следует различать:

а) *полный путь* – путь от исходного события до завершающего события;

б) *путь, предшествующий данному событию*, – путь от исходного события до данного;

в) *путь, последующий за данным событием*, – путь от данного события до завершающего;

г) *путь между событиями  $i$  и  $j$*  – путь между двумя какими-либо промежуточными событиями  $i$  и  $j$ ;

д) *критический путь* – путь между *исходным* и *завершающим* событием, имеющий наибольшую продолжительность во времени.

К основным параметрам сетевой модели относятся: *критический путь, резервы времени событий и работ*. Эти параметры являются исходными для получения ряда дополнительных характеристик, а также для анализа модели.

*Критический путь* – это наибольший по продолжительности путь сетевой модели от исходного события до завершающего.

В сетевой модели имеются и другие пути, опирающиеся на исходное и завершающее событие (полные пути), которые могут либо полностью проходить вне критического пути, либо частично совпадать с критической последовательностью работ. Эти пути называются *ненапряженными*.

*Ненапряженные пути* – это полные пути сетевой модели, которые по продолжительности меньше критического пути.

Ненапряженные пути обладают важным свойством: на участках, не совпадающих с критической последовательностью работ, они имеют резервы времени. Это означает, что задержка в совершении событий, не лежащих на критическом пути, до определенного момента не влияет на срок завершения разработки в целом. Критические пути резервами времени не располагают.

*Поздний срок свершения  $i$ -го события* – это такой срок свершения  $i$ -го события, превышение которого вызовет задержку завершающего события.

Поздний срок свершения  $i$ -го события определяется как разность между продолжительностью критического пути и максимального из последующих за данным событием путей до завершающего события:

$$Tn_i = t(L_{кр}) - t[L_{\max}(i - N)]. \quad (1)$$

На практике поздний срок события рассчитывается по формуле

$$Tn_i = \min_{(i,j) \in E} \{Tn_j - t_{i,j}\}, \quad (2)$$

то есть, зная поздний срок для всех последующих событий  $j$  для данного события  $i$  и время работы  $t_{i,j}$ , соединяющей данные события, мы применяем формулу (2), двигаясь от заключительного события к исходному в обратном порядке.

При этом для заключительного события  $N$  имеем  $Tn_N = Tr_N = t(L_{кр})$ , то есть поздний срок заключительного события приравняется его раннему сроку и равен длине критического пути сетевого графика.

*Ранний срок свершения  $i$ -го события* – минимальный срок, необходимый для выполнения всех работ, предшествующих данному событию.

Ранний срок свершения  $i$ -го события определяется как продолжительность во времени максимального из путей, ведущих от исходного события 1 до данного события  $i$ :

$$Tr_i = t[L_{\max}(1-i)].$$

На практике ранний срок события рассчитывается по формуле

$$Tr_j = \max_{(i,j) \in E} \{Tr_i + t_{i,j}\}, \quad (3)$$

то есть, зная ранний срок для всех непосредственно предшествующих событий  $i$  для данного события  $j$  и время работы  $t_{i,j}$ , соединяющей данные события, мы применяем формулу (3), двигаясь от исходного события 0 к заключительному событию  $N$  в прямом порядке.

При этом для начального события 1 имеем  $Tn_1 = 0$ , то есть ранний срок начального события полагается равным 0.

*Резерв времени события* – это такой промежуток времени, на который может быть отсрочено свершение события без нарушения сроков завершения разработки в целом.

Резерв времени  $i$ -го события определяется как разность между поздним  $Tп_i$  и ранним  $Tr_i$  сроком наступления события:

$$R_i = Tп_i - Tr_i.$$

Путь, соединяющий события с нулевыми резервами времени, является критическим.

Резервами времени располагают также работы. Зная ранние и поздние сроки наступления событий, можно для любой работы  $i, j$  определить ранние и поздние сроки начала и окончания работы.

*Ранний срок начала работы  $i, j$*  – минимальное необходимое время между моментом наступления исходного события и моментом начала этой работы.

$$Tr_{нij} = Tr_i.$$

*Поздний срок начала работы  $i, j$*  – максимально допустимый момент начала работы, при котором еще возможно выполнение данной работы и всех следующих за ней работ без превышения критического времени выполнения комплекса работ.

$$Tп_{нij} = Tп_j - t_{ij}.$$

*Ранний срок окончания работы  $i, j$*  – минимальное необходимое время между моментом наступления исходного события и моментом окончания этой работы.

$$T_{po_{ij}} = T_{p_i} + t_{ij}.$$

*Поздний срок окончания работы  $i, j$*  – максимально допустимый момент окончания данной работы, при котором еще возможно выполнение всех следующих за ней работ без превышения критического времени выполнения комплекса работ.

$$T_{по_{ij}} = T_{п_j}.$$

*Полный резерв времени пути* – это разница во времени между длиной критического пути  $t(L_{кр})$  и длиной любого другого пути  $t(L_s)$ .

Полный резерв времени пути показывает, насколько могут быть увеличены продолжительности всех работ, принадлежащих пути  $L_s$ .

$$R(L_s) = t(L_{кр}) - t(L_s).$$

*Полный резерв времени работы  $R_{п_{ij}}$*  – максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность работы  $(i, j)$  или отсрочить ее начало без нарушения позднего срока наступления ее конечного события, не изменяя при этом продолжительности критического пути.

$$R_{п_{ij}} = T_{п_j} - T_{p_i} - t_{ij}.$$

У отдельных работ помимо полного резерва времени имеется свободный резерв времени являющийся частью полного резерва.

*Свободный резерв времени работы  $R_{с_{ij}}$*  – максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность работы  $(i, j)$  или отсрочить ее начало без нарушения ранних сроков наступления всех последующих событий и работ.

$$R_{с_{ij}} = T_{p_j} - T_{p_i} - t_{ij}.$$

Резервы времени, особенно свободный, позволяют маневрировать сроками начала и окончания работ, их продолжительностью.

*Независимый резерв* времени рассчитывается по формуле

$$R_{н_{ij}} = t_{p_j} - t_{n_i} - t_{ij}.$$

Данная величина может быть отрицательной.

Независимый резерв показывает, насколько можно увеличить продолжительность работы или отложить ее начало и при условии, что это увеличение не вызовет изменения позднего срока свершения ее начального события и раннего срока наступления ее конечного события, и, следовательно, не вызовет сокращения резервов времени



ни у одной из работ, предшествующих и последующих за данной работой

Резервы времени, особенно свободный, позволяют маневрировать сроками начала и окончания работ, их продолжительностью.

Важно отметить, что нумерация событий в сетевом графике должна быть согласована с порядком выполнения работ, то есть номер каждого события всегда больше номеров тех событий, из которых в данное ведут работы. Такая нумерация событий называется также их топологической сортировкой.

### 3. Пример выполнения задания

Дан комплекс работ:

Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
<i>I</i>	<i>D</i>	4			

Строим граф зависимостей работ:

#### 1. Создание событий

- 1 – начало,
- 2 – *A* сделано, условие для *D, E*;
- 3 – *B* – сделано, условие начала *F*;
- 4 – *B, C* – сделаны, условие начала *G*, используем фиктивную работу для объединения *B* и *C*;
- 5 – *D* – сделано, условие начала *I*;
- 6 – *F* – сделано, условие начала *H*;
- 7 – *G* – сделано, условие начала *K, L*;
- 8 – *H* и *G* сделаны, условие начала *J*, вводим фиктивную работу для объединения *G, H*;
- 9 – *J* – сделано, условие начала работы *N*;

10 – *E* и *J* сделаны, условие начала *M*, вводим фиктивную работу для объединения *E*, *J*;

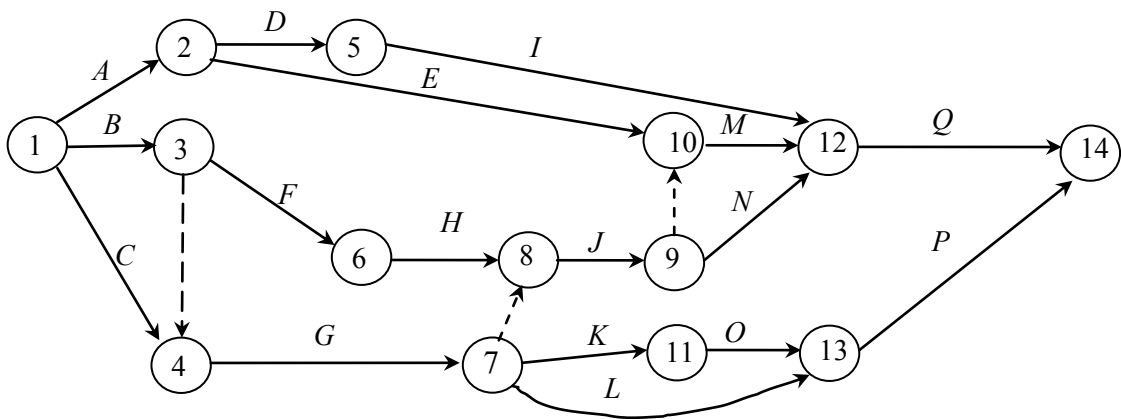
11 – *K* – сделано, условие начала работы *O*;

12 – *I*, *M*, *N* – сделаны – одно событие, так как раздельно эти работы далее не используются;

13 – *O* и *L* сделаны – одно событие, так как раздельно эти работы далее не используются;

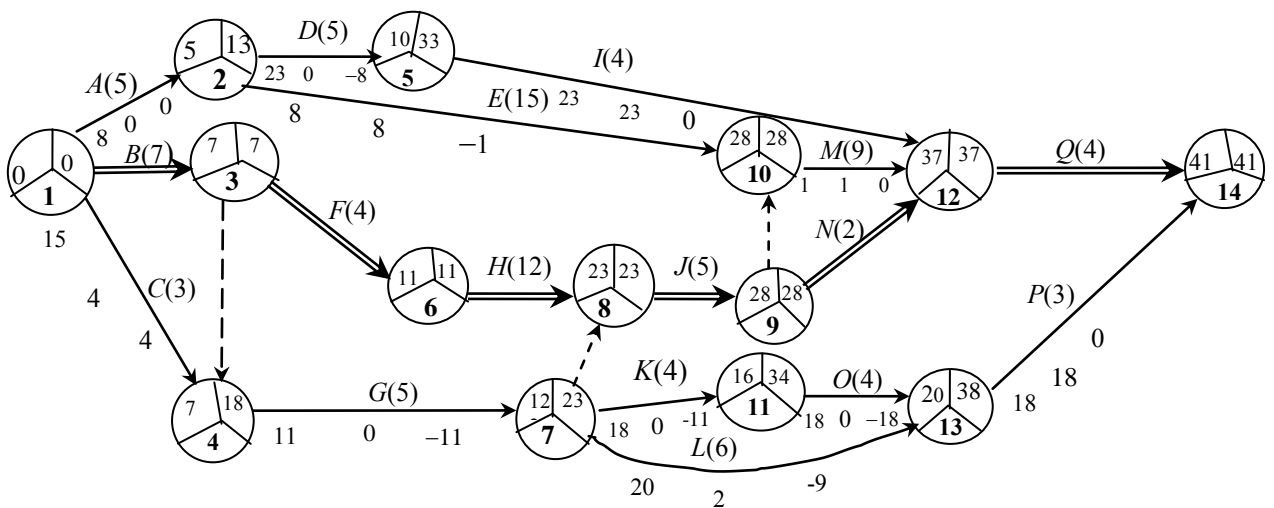
14 – заключительное событие, в него ведут работы *Q*, *P*, так как эти работы не используются в других работах и являются заключительными.

### 2. Построение сетевого графика

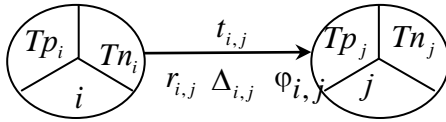


### 3. Нахождение критического пути и резервов работ

Результатом выполнения данного пункта является следующий размеченный сетевой график.



Расчет производился по схеме:



$$r_{i,j} = Tn_j - Tp_i - t_{i,j} \quad \text{Полный резерв работы}$$

$$\Delta_{i,j} = Tp_j - Tp_i - t_{i,j} \quad \text{Свободный резерв работы}$$

$$\Phi_{i,j} = Tp_j - Tn_i - t_{i,j} \quad \text{Независимый резерв работы}$$

Все резервы работ на критическом пути равны 0 и не выписываются.

### 3.1. Расчёт ранних сроков наступления событий

Событие	Предшествующие события	Расчет раннего срока наступления события
1	∅	$Tp_1 = 0$
2	{1}	$Tp_2 = Tp_1 + t_{12} = 0 + 5 = 5$
3	{1}	$Tp_3 = Tp_1 + t_{13} = 0 + 7 = 7$
4	{1,3}	$Tp_4 = \max \{Tp_1 + t_{14}, Tp_3 + t_{34}\} =$ $= \max \{0 + 3, 7 + 0\} = \max \{3, 7\} = 7$
5	{2}	$Tp_5 = Tp_2 + t_{25} = 5 + 5 = 10$
6	{3}	$Tp_6 = Tp_3 + t_{36} = 7 + 4 = 11$
7	{4}	$Tp_7 = Tp_4 + t_{47} = 7 + 5 = 12$
8	{6,7}	$Tp_8 = \max \{Tp_6 + t_{68}, Tp_7 + t_{78}\} =$ $= \max \{11 + 12, 12 + 0\} = \max \{23, 12\} = 23.$
9	{8}	$Tp_9 = Tp_8 + t_{8,9} = 23 + 5 = 28$
10	{2,9}	$Tp_{10} = \max \{Tp_2 + t_{2,10}, Tp_9 + t_{9,10}\} =$ $= \max \{10 + 4, 28 + 0\} = \max \{20, 28\} = 28.$
11	{7}	$Tp_{11} = Tp_{12} + t_{7,11} = 12 + 4 = 16$
12	{5,9,10}	$Tp_{12} = \max \{Tp_5 + t_{5,12}, Tp_9 + t_{9,12}, Tp_{10} + t_{10,12}\} =$ $= \max \{10 + 4, 28 + 2, 28 + 9\} =$ $= \max \{20, 28, 37\} = 37.$

Событие	Предшествующие события	Расчет раннего срока наступления события
13	{7, 11}	$Tr_{13} = \max \{Tr_7 + t_{7,13}, Tr_{11} + t_{11,13}\} = \max \{12 + 6, 16 + 4\} = \max \{18, 20\} = 20.$
14	{12, 13}	$Tr_{14} = \max \{Tr_{12} + t_{12,14}, Tr_{13} + t_{13,14}\} = \max \{37 + 4, 20 + 3\} = \max \{41, 23\} = 41.$

### 3.2. Расчет поздних сроков наступления событий

Событие	Последующие события	Расчет позднего срока наступления события
14	∅	$Tn_{14} = Tr_{14} = 41$
13	{14}	$Tn_{13} = Tr_{14} - t_{13,14} = 41 - 3 = 38$
12	{14}	$Tn_{12} = Tn_{14} - t_{12,14} = 41 - 4 = 37$
11	{13}	$Tn_{11} = Tn_{13} - t_{11,13} = 38 - 4 = 34$
10	{12}	$Tn_{10} = Tn_{12} - t_{10,12} = 37 - 9 = 28$
9	{10, 12}	$Tn_9 = \min \{Tn_{10} - t_{9,10}, Tn_{12} - t_{9,12}\} = \min \{28 - 0, 37 - 2\} = \min \{28, 35\} = 28$
8	{9}	$Tn_8 = Tn_9 - t_{8,9} = 28 - 5 = 23$
7	{8, 11, 13}	$Tn_7 = \min \{Tn_8 - t_{7,8}, Tn_{11} - t_{7,11}, Tn_{13} - t_{7,13}\} = \min \{23 - 0, 34 - 4, 8 - 6\} = \min \{23, 30, 32\} = 23.$
6	{8}	$Tn_6 = Tn_8 - t_{6,8} = 23 - 12 = 11$
5	{12}	$Tn_5 = Tn_{12} - t_{5,12} = 37 - 4 = 33$
4	{7}	$Tn_4 = Tn_7 - t_{4,7} = 23 - 5 = 18$
3	{6}	$Tn_3 = Tn_6 - t_{3,6} = 11 - 4 = 7$
2	{5, 10}	$Tn_2 = \min \{Tn_5 - t_{2,5}, Tn_{10} - t_{2,10}\} = \min \{33 - 5, 28 - 15\} = \min \{28, 13\} = 13.$
1	{2, 3, 4}	$Tn_1 = \min \{Tn_2 - t_{1,2}, Tn_3 - t_{1,3}, Tn_4 - t_{1,4}\} = \min \{13 - 5, 7 - 7, 18 - 3\} = \min \{8, 0, 15\} = 0.$

## 3.3. Расчет резервов работ

Работа ( $i, j$ )	Время работ ы $t_{ij}$	Начальное событие $i(T_{pi}, T_{pi})$	Конечное событие $j(T_{pj}, T_{pj})$	Полный резерв работы $R_{pij}$ $= T_{pj} - T_{pi} -$ $t_{ij}$ .	Свободный резерв работы $R_{cij} = T_{pj} -$ $T_{pi} - t_{ij}$ .	Независимый резерв работы $R_{nij} = T_{pj} - T_{ni} -$ $t_{ij}$ .
<i>A</i>	5	1(0,0)	2(5,13)	13-0-5=8	5-0-5=0	5-0-5=0
<i>B</i>	7	1	3(7,7)	7-0-7=0	7-0-7=0	7-0-7=0
<i>C</i>	3	1(0,0)	4(7,18)	18-0-3=15	7-0-3=4	7-0-3=4
<i>D</i>	5	2(5,13)	5(10,33)	33-5-5=23	10-5-5=0	10-13-5=-8
<i>E</i>	15	2(5,13)	10(28,28)	28-5-15=8	28-5-15=8	28-13-15=0
<i>F</i>	4	3(7,7)	6(11,11)	11-7-4=0	11-7-4=0	11-7-4=0
<i>G</i>	5	4(7,18)	7(12,23)	23-7-5=11	12-7-5=0	12-18-5=-11
<i>I</i>	4	5(10,33)	12(37,37)	37-10-4=23	37-10-4=23	37-33-4=0
<i>H</i>	12	6(11,11)	8(23,23)	23-11-12=0	23-11-12=0	23-11-12=0
<i>J</i>	5	8(23,23)	9(28,28)	28-23-5=0	28-23-5=0	28-23-5=0
<i>K</i>	4	7(12,23)	11(16,34)	34-12-4=18	16-12-4=0	16-23-4=-11
<i>L</i>	6	7(12,23)	13(20,38)	38-12-6=20	20-12-6=2	20-23-6=-9
<i>M</i>	9	10(28,28)	12(37,37)	37-28-9=0	37-28-9=0	37-28-9=0
<i>N</i>	2	9(28,28)	12(37,37)	37-28-2=7	37-28-2=7	37-28-2=7
<i>O</i>	4	11(16,34)	13(20,38)	38-16-4=18	20-16-4=0	20-34-4=-18
<i>Q</i>	4	12(37,37)	14(41,41)	41-37-4=0	41-37-4=0	41-37-4=0
<i>P</i>	3	13(20,38)	14(41,41)	41-20-3=18	41-20-3=18	41-38-3=0

Критический путь  $L_{кр} = \langle B, F, H, J, M, Q \rangle$ .

Время выполнения проекта

$$T = t(L_{кр}) = t(B) + t(F) + t(H) + t(J) + t(M) + t(Q) =$$

$$= 7 + 4 + 12 + 5 + 9 + 4 = 41 \text{ дней.}$$

## 4. Индивидуальные задания

№	Комплекс работ					
	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
1	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B, C</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
2	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	4
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B, C</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
3	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	7
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B, C</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			

№	Комплекс работ					
4	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	3
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B, A</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
5	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	6
	<i>F</i>	<i>B, A</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
6	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	8
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			

№	Комплекс работ					
	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
7	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F, C</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
8	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	2
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F, C</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
9	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	9
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F, C</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			



№	Комплекс работ					
10	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	9
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F, C</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
11	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	3
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N, O</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
12	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	2
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	3
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N, O</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			

№	Комплекс работ					
13	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	3
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	6
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N, O</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
14	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	3
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	8
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N, O</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
15	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	1
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	3
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N, O</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			

№	Комплекс работ					
16	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	2
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	3
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N, O</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
17	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O, Q</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			
18	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	8
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O, Q</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			

№	Комплекс работ					
19	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O, Q</i>	7
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
<i>I</i>	<i>D</i>	4				
20	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	4
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O, Q</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
<i>I</i>	<i>D</i>	4				
21	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	3
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J</i>	2
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O, Q</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
<i>I</i>	<i>D</i>	4				

№	Комплекс работ					
22	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	A	–	5	J	G, H	5
	B	–	7	K	G	4
	C	–	3	L	G	12
	D	A	5	M	E, J	9
	E	A	15	N	J	2
	F	B	4	O	K	4
	G	B, C	5	P	L, O, Q	3
	H	F	12	Q	L, M, N	4
I	D	4				
23	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	A	–	5	J	G, H	5
	B	–	7	K	G	4
	C	–	3	L	G	6
	D	A	5	M	E, J	9
	E	A	15	N	J, K	2
	F	B	4	O	K	4
	G	B, C	5	P	L, O	3
	H	F	12	Q	L, M, N	4
I	D	4				
24	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
	A	–	5	J	G, H	5
	B	–	7	K	G	4
	C	–	3	L	G	6
	D	A	5	M	E, J	3
	E	A	15	N	J, K	2
	F	B	4	O	K	4
	G	B, C	5	P	L, O	3
	H	F	12	Q	L, M, N	4
I	D	4				

№	Комплекс работ					
	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях	Работы	Предш. работы	Длительность работ в неделях
25	<i>A</i>	–	5	<i>J</i>	<i>G, H</i>	5
	<i>B</i>	–	7	<i>K</i>	<i>G</i>	4
	<i>C</i>	–	3	<i>L</i>	<i>G</i>	6
	<i>D</i>	<i>A</i>	5	<i>M</i>	<i>E, J</i>	9
	<i>E</i>	<i>A</i>	15	<i>N</i>	<i>J, K</i>	5
	<i>F</i>	<i>B</i>	4	<i>O</i>	<i>K</i>	4
	<i>G</i>	<i>B, C</i>	5	<i>P</i>	<i>L, O</i>	3
	<i>H</i>	<i>F</i>	12	<i>Q</i>	<i>L, M, N</i>	4
	<i>I</i>	<i>D</i>	4			

### 5. Контрольные вопросы

1. Что называется сетевым графиком работ?
2. Как рассчитываются ранние и поздние сроки наступления событий?
3. Что такое критический путь и как он находится?
4. Как рассчитываются полные и независимые резервы работ?