

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация об авторе:  
ФИО: Агафонов Александр Викторович  
Должность: директор филиала  
Дата подписания: 17.06.2022 15:58:37  
Уникальный программный ключ:  
2539477a8ecf706dc9cff164bc411eb6d3c4816

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"  
Чебоксарский институт (филиал)



**МОСКОВСКИЙ  
ПОЛИТЕХ**

Чебоксарский институт

Кафедра строительного производства

## ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Методические указания  
к практическим занятиям

Чебоксары 2022

УДК 69. 658 (035.5)

**Основы организации и управления в строительстве:** метод. указания к практическим занятиям / сост. В.Ф. Богданов, Н.З. Киселев, И.В. Петрова.- Чебоксары: ЧИ (Ф) МПУ, 2022с.

Содержат примеры решения задач и варианты заданий к задачам по поточному методу строительства, сетевому и календарному планированию.

Для студентов очной формы обучения в по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство» и специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений».

Отв. редактор канд. экон. наук, доцент В.Ф. Богданов

## I. ПОТОЧНЫЙ МЕТОД СТРОИТЕЛЬСТВА

*Задача 1.1.* Разноритмичный поток, состоящий из пяти строительных процессов, организуется на пяти захватках одноэтажного промышленного объекта с продолжительностью в условных единицах времени  $t_1=3, t_2=2, t_3=4, t_4=1, t_5=2$ .

Требуется определить аналитически и на матрице:

- 1) продолжительность каждого специализированного потока  $T_i$ ;
- 2) величину интервалов между началами смежных процессов  $t_{i-(i+1)}^{\text{HH}}$ ;
- 3) время начала  $t_i^{\text{H}}$  и окончания  $t_i^{\text{O}}$  каждого процесса;
- 4) общий срок строительства  $T_{\text{общ}}$ ;
- 5) разрывы между смежными процессами по каждой захватке и места критических сближений;
- 6) построить циклограмму.

Решение.

### A. Аналитический расчет потоков

$$1. T_i = t_i \times N; T_1 = 3 \times 5 = 15; T_2 = 2 \times 5 = 10; T_3 = 4 \times 5 = 20; T_4 = 1 \times 5 = 5; T_5 = 2 \times 5 = 10. \quad T_1 > T_2 < T_3 > T_4 < T_5; 15 > 10 < 20 > 5 < 10.$$

$$2. \text{Если } T_{i+1} \geq T_i, \text{ то } t_{i-(i+1)}^{\text{HH}} = t_i; \text{ если } T_{i+1} < T_i, \text{ то } t_{i-(i+1)}^{\text{HH}} = T_i - (T_{i+1} - t_{i+1});$$

$$t_{1-2}^{\text{HH}} = T_1 - (T_2 - t_2) = 15 - (10 - 2) = 7;$$

$$t_{2-3}^{\text{HH}} = t_2 = 2;$$

$$t_{3-4}^{\text{HH}} = T_3 - (T_4 - t_4) = 20 - (5 - 1) = 16;$$

$$t_{4-5}^{\text{HH}} = t_4 = 1.$$

$$3. t_1^{\text{H}} = 0; t_2^{\text{H}} = t_1^{\text{H}} + t_{1-2}^{\text{HH}} = 0 + 7 = 7;$$

$$t_3^{\text{H}} = t_2^{\text{H}} + t_{2-3}^{\text{HH}} = 7 + 2 = 9;$$

$$t_4^{\text{H}} = t_3^{\text{H}} + t_{3-4}^{\text{HH}} = 9 + 16 = 25;$$

$$t_5^{\text{H}} = t_4^{\text{H}} + t_{4-5}^{\text{HH}} = 25 + 1 = 26.$$

$$t_1^{\text{O}} = t_1^{\text{H}} + T_1 = 0 + 15 = 15;$$

$$t_2^{\text{O}} = t_2^{\text{H}} + T_2 = 7 + 10 = 17;$$

$$t_3^{\text{O}} = t_3^{\text{H}} + T_3 = 9 + 20 = 29;$$

$$t_4^{\text{O}} = t_4^{\text{H}} + T_4 = 25 + 5 = 30;$$

$$t_5^{\text{O}} = t_5^{\text{H}} + T_5 = 26 + 10 = 36.$$

$$4. T_{\text{общ}} = \sum t_{i-(i+1)}^{\text{HH}} + T_N = 7 + 2 + 16 + 1 + 10 = 36.$$

5. При  $T_3 > T_2$ ,  $T_5 > T_4$  место критического сближения лежит на первой захватке, а при  $T_2 < T_1$ ,  $T_4 < T_3$  – на последней (рис. 1).

### Б. Матричный алгоритм расчета

Составляется матрица из 25 клеток ( $5 \times 5$ ), в каждую из которых записывается продолжительность процесса ( $t_{ij}$ ). Затем находятся места критических сближений между процессами. Расчет начала и окончания работ по 1, 3, 5 столбцам выполняется сверху вниз, а по 2, 4 - снизу вверх путем сложения или вычитания продолжительностей, начиная от мест критических сближений.

1. Продолжительность каждого специализированного потока записывается в дополнительной строке матрицы, а в дополнительной графе проставляется общая продолжительность работ на каждой захватке ( $T_{\text{общ}} = t_5^0 - t_1^H$ ).

2. Интервалы между началами смежных процессов определяются с помощью матрицы ( $t_{1-2}^{\text{ин}} = 7$ ;  $t_{2-3}^{\text{ин}} = 2$ ;  $t_{3-4}^{\text{ин}} = 16$ ;  $t_{4-5}^{\text{ин}} = 1$ ).

3 и 4. См. матрицу.

5. Перерыв между смежными процессами, иначе – простой фронта работ,  $t_{\text{пер}} = t_{i+1}^H - t_i^0$ .

6. Циклограмма (рис.1).

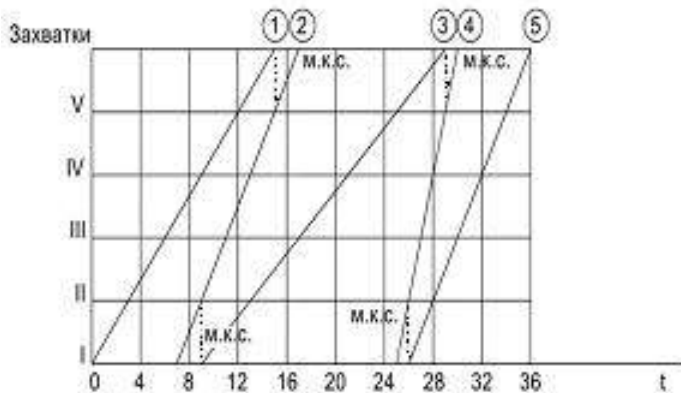


Рис. 1. Циклограмма пяти разноритмичных потоков

Таблица 1

Захватки	Процессы					$T_{\text{общ}}$
	Земляные работы	Фундаменты	Надземн. часть	Технологич. оборуд.	Отделка	
I	0 3 3	7 4 2 9	9 4 13	25 12 1 26	26 2 28	28
II	3 3 6	9 3 2 11	13 2 4 17	26 9 1 27	28 1 2 30	$\frac{27}{30-3}$
III	6 3 9	11 2 2 13	17 4 4 21	27 6 1 28	30 2 2 32	$\frac{26}{32-6}$
IV	9 3 12	13 1 2 15	21 6 4 25	28 3 1 29	32 3 2 34	$\frac{25}{34-9}$
V	12 3 15	15 2 17	25 8 4 29	29 1 30	34 4 2 36	$\frac{24}{36-12}$
$T_i$	15	10	20	5	10	

Задание. Решить задачу 1.1 со следующими исходными данными

Таблица 2

Варианты	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
1	3	3	1	2	3
2	3	2	2	4	2
3	1	3	2	2	1
4	4	1	2	1	2
5	1	2	3	1	3
6	2	1	3	2	1
7	2	3	2	3	1
8	3	2	3	3	1
9	4	3	2	3	1
10	2	3	4	2	3
11	2	2	1	3	4
12	4	2	2	1	3
13	2	2	1	3	2
14	2	3	4	2	1

Продолжение таблицы 2

Варианты	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
15	3	4	2	1	2
16	4	2	1	2	3
17	2	1	2	3	4
18	1	2	3	4	2
19	2	3	4	2	1
20	3	2	1	4	4
21	2	4	3	2	1
22	4	2	3	1	2
23	1	2	2	1	4
24	2	4	1	3	1
25	3	1	2	3	1
26	2	2	1	3	4
27	1	3	1	4	2
28	2	3	2	4	1
29	3	2	4	2	1
30	2	4	2	3	4

Задача 1.2. По исходным данным о продолжительности четырех процессов неритмичного потока, выполняемого на пяти разнотипных объектах, необходимо:

1) рассчитать общую продолжительность строительства и найти места критических сближений между смежными процессами;

2) определить продолжительность возведения каждого объекта  $T_{об}$  с учетом и без учета разрывов (простоев фронта работ), а также продолжительность каждого специализированного потока  $T_i$ ;

3) найти величины разрывов между смежными процессами на каждом объекте;

4) определить коэффициент плотности матрицы  $K_{пл}$  и коэффициент совмещения процессов  $K_{сов}$ ;

5) выполнить поиск безразрывного пути и при его наличии нанести на матрицу;

6) построить циклограмму, показать на ней места критического сближения и безразрывный путь.

Таблица 3

## Исходные данные

Объект	Процесс			
	1	2	3	4
I	4	3	5	3
II	6	5	3	4
III	7	1	5	3
IV	5	1	3	1
V	4	3	5	3

Решение 1. Составляется матрица. На ней находятся места критических сближений (-) путем сопоставления продолжительностей смежных процессов в диагональных клетках.

Если все продолжительности справа будут поочередно меньше продолжительностей слева, как между первым и вторым столбцами ( $3 < 6$ ,  $5 < 7$ ,  $1 < 5$ ,  $1 < 4$ ), то место критического сближения будет внизу, если наоборот, то вверху.

Если  $T_i$  сначала меньше, а потом больше, то место критического сближения начинается с клетки, где продолжительность больше. Для третьего процесса оно будет во второй строке.

Если же наблюдается чередование продолжительностей, то сравниваются их суммы, и с какой стороны сумма будет больше, там следует проставлять место критического сближения. После нахождения мест критического сближения выполняется расчет матрицы.

Таблица 4

Объекты	Процессы				$\sum t_i$	$\sum t_{раз}$	$\sum t_{общ}$
	1	2	3	4			
I	0	16	19	29	15	17	32
II	4	12	19	24	18	14	32
III	10	7	24	27	16	13	29
IV	17	5	25	32	10	13	23
V	22	4	26	35	15	6	21
$\sum t_i$	26	13	21	14	74		
$\sum t_{раз}$		31	14	18		63	137

Матрица с безразрывным путем

2. Продолжительность возведения каждого объекта без учета и с учетом продолжительности каждого специализированного потока определены на матрице в дополнительных трех графах и двух строках.

3. Разрывы между окончанием предыдущего и началом последующего процессов ( $t_{пер} = t_{i+1}^H - t_i^O$ ) определены и проставлены на матрице со значком "х".

4. Определяем коэффициент плотности матрицы  $K_{пл}$  и коэффициент совмещения  $K_{сов}$ :

$$K_{пл} = 74/137=0,54; K_{сов} = (74-43)/74=0,42.$$

5. Безразрывный путь находят, руководствуясь одним из двух правил:

1) движением по матрице сверху вниз и слева направо по местам критических сближений от первой к последней клетке;

2) при невозможности провести безразрывный путь по первому правилу стараются найти на матрице две клетки с одинаковыми значениями окончания или начала каких-либо процессов. Такие клетки соединяем пунктиром, что имеет место и в нашем случае (29 и 29). Двигаясь по намеченному пути, получаем расчетную продолжительность:

$$T_{общ} = 4+6+7+5+4+3+3+4+3+1+3=43.$$

6. Циклограмма построена на рис. 2.

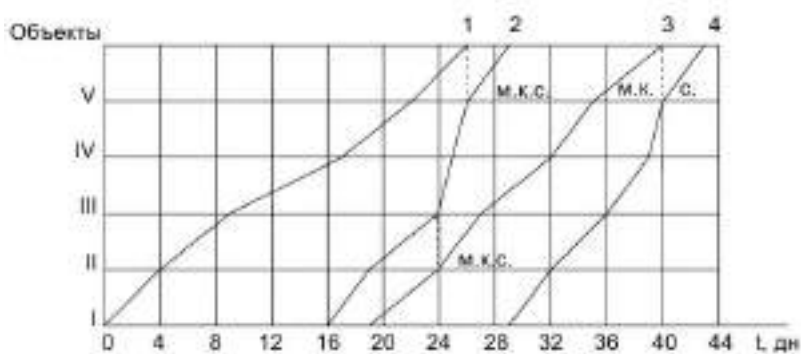


Рис. 2. Циклограмма неритмичных потоков

Задание. Решите задачу 1.2 с исходными данными табл. 5.

Таблица 5

Вариант	Продолжительность процессов по объектам, дни																			
	1					2					3					4				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1	4	6	6	5	4	4	6	2	2	4	5	5	3	3	5	3	3	4	1	3
2	4	7	7	5	4	3	5	1	2	3	5	5	5	3	5	3	3	4	2	3
3	4	6	5	5	4	3	5	3	3	2	4	4	3	3	4	4	4	3	1	4
4	5	3	5	4	5	4	5	3	3	4	4	4	5	3	4	3	5	4	3	4
5	3	4	4	3	1	4	5	4	3	4	4	4	2	3	4	4	6	7	5	4
6	4	5	3	4	4	3	5	4	5	3	3	3	4	2	3	2	3	2	3	1
7	3	4	3	4	3	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	3	4	3	4
8	4	5	6	6	4	3	2	1	5	3	5	3	3	5	5	3	2	4	3	3
9	4	5	7	7	4	4	2	2	6	4	5	3	5	5	5	3	1	4	3	3
10	4	5	5	6	4	2	3	3	5	3	4	3	3	4	4	4	1	3	4	4
11	5	4	5	3	5	4	3	3	5	4	4	3	5	4	4	4	3	5	4	3
12	1	3	4	4	3	4	3	5	4	5	4	3	2	4	4	4	5	7	6	4
13	4	4	3	5	4	3	5	4	5	3	3	2	4	3	3	1	3	2	3	2
14	3	4	4	3	3	4	5	4	5	5	5	4	3	4	5	4	3	3	5	4
15	3	4	2	5	4	5	3	4	3	2	4	3	3	5	3	2	4	3	5	3
16	2	5	3	2	3	5	5	4	3	4	4	5	5	4	5	2	3	2	5	2
17	3	2	2	3	2	5	2	4	4	5	2	4	5	4	2	3	2	2	3	5
18	2	5	2	4	2	2	5	4	3	4	3	5	4	5	4	5	4	3	4	5
19	5	2	1	4	5	1	2	3	4	2	5	4	3	5	3	2	4	3	1	5
20	5	2	4	3	5	3	3	5	3	4	5	5	5	4	3	3	5	4	5	2
21	3	5	3	4	3	2	5	4	5	3	4	4	2	3	5	5	3	1	2	3
22	4	3	3	5	3	4	3	7	4	3	6	5	4	3	5	5	3	6	4	5
23	6	5	4	2	5	6	2	4	5	2	6	4	4	5	4	1	2	3	2	4
24	5	3	6	4	7	2	6	1	3	2	2	1	6	3	1	4	3	2	1	3
25	6	3	4	5	3	3	2	4	2	5	4	3	2	3	6	2	4	3	5	1
26	3	2	4	1	2	2	1	4	5	3	2	3	4	2	4	4	3	5	3	2
27	4	2	5	4	3	3	4	3	2	2	3	3	5	3	4	4	3	5	3	5
28	2	5	2	3	4	5	5	3	4	5	4	4	5	5	2	3	2	5	2	3
29	2	2	3	2	1	2	5	4	4	3	4	5	4	2	3	2	2	3	5	2
30	5	2	4	2	5	5	2	4	3	5	5	4	5	4	3	4	3	4	5	2

Задача 1.3. Найти наиболее рациональную очередность возведения объектов с однородными конструкциями, обеспечивающую сокращение общего срока строительства. Продолжительность каждого комплекса работ на каждом из объектов задана в условных единицах времени (табл. 6).

### Исходные данные

Таблица 6

Объект	Строительно-монтажные работы				Объект	Строительно-монтажные работы			
	1	2	3	4		1	2	3	4
I	2	2	5	3	IV	3	3	5	2
II	4	3	4	5	V	3	5	4	4
III	4	4	4	2	VI	2	3	3	3

Решение.

1. Рассчитываем матрицу М-1 (табл. 7) при заданной очередности возведения объектов и находим на ней ведущий процесс с наибольшей продолжительностью.

2. Вычисляем по каждому объекту суммарное время до и после ведущего процесса ( $\sum t_{\text{пред}}$ ,  $\sum t_{\text{пос}}$ ), а также разность между последним и первым процессами ( $t_1-t_4$ ).

3. Руководствуясь п.2, строим матрицу М-2 (табл. 8) с новой очередностью возведения объектов. В первую строку помещаем объект с минимальным значением числителя ( $\sum t_{\text{пр}}$ ) и наибольшим значением разности, в последнюю – объект с минимальным значением знаменателя ( $\sum t_{\text{пос}}$ ) и наименьшим значением разности (М-1). Остальные объекты размещаем так, чтобы значения числителя и знаменателя увеличивались к середине матрицы (М-2). Если между указанными параметрами имеется противоречие, то рекомендуется строить несколько матриц. Выполненный на М-2 расчет показывает, что общий срок сократился на 4 единицы времени, а время перерывов на объектах до прихода очередных бригад сократилось с 41 до 27.

Таблица 7

Объект	Строительно-монтажные работы				$\frac{\sum t_i}{\sum t_{т.п.}}$	$\frac{\sum t_{пр.}}{\sum t_{пос.}}$	$t_1-t_4$	
	1	2	3	4				
I	0 2 2	5 3 2	7 2 7	17 5 12	3 20	$\frac{12}{8}$	$\frac{4}{3}$	-1
II	2 4 6	7 1 6	12 3 10	20 4 16	5 25	$\frac{16}{7}$	$\frac{7}{5}$	-1
III	6 4 10	10 4 14	16 4 20	25 2 27	2	$\frac{14}{7}$	$\frac{8}{2}$	2
IV	10 3 13	14 1 17	20 3 17	27 5 25	2 29	$\frac{13}{6}$	$\frac{6}{2}$	1
V	13 3 16	17 1 16	25 5 22	29 4 29	4 33	$\frac{16}{4}$	$\frac{8}{4}$	-1
VI	16 2 18	22 4 18	29 3 25	33 3 32	3 36	$\frac{11}{9}$	$\frac{5}{3}$	-1
	18	20	25	19	82/41			

Таблица 8

Объект	Строительно-монтажные работы					$\frac{\sum t_i}{\sum t_{т.п.}}$	$\frac{\sum t_{пр.}}{\sum t_{пос.}}$
	1	2	3	4	5		
1	2	3	4	5	6	7	
I	0 2 2	3 1 2	5 2 5	13 5 10	3 3 16	$\frac{12}{4}$	$\frac{4}{3}$



11	5 4 5 3 2 5	4 2 3 3 5 4	4 3 5 3 4 4	4 3 2 5 4 3
12	2 3 4 2 4 3	5 3 4 5 4 5	4 3 2 3 4 3	4 5 2 7 6 4
13	4 4 5 3 5 4	4 5 2 4 5 3	3 2 2 4 3 3	4 5 3 2 3 2
14	3 4 4 2 3 3	3 5 4 2 5 5	5 4 3 2 4 5	4 2 3 3 5 4
15	3 4 2 2 5 4	4 2 3 4 3 2	4 3 4 3 5 3	1 2 4 3 5 3
16	2 5 4 3 2 3	2 5 4 3 2 4	2 4 5 5 4 5	2 3 4 2 5 2
17	3 3 2 4 3 2	5 2 2 5 4 4	2 4 1 5 4 2	3 2 3 2 2 5
18	2 5 2 2 4 2	3 5 4 2 3 4	3 5 4 3 5 4	5 4 3 2 4 5
19	5 2 2 1 4 5	4 2 3 3 4 2	5 4 3 5 3 3	2 3 4 2 2 5
20	5 2 4 3 3 5	3 3 5 3 3 4	5 5 5 4 3 3	3 5 4 5 2 2
21	3 5 2 4 3 3	2 3 5 4 5 3	4 4 2 3 2 5	5 3 3 1 2 3
22	4 3 2 3 5 3	6 3 6 4 4 3	6 5 4 4 3 5	5 3 3 6 4 5
23	6 5 2 4 2 5	1 2 1 4 5 2	6 2 4 4 5 4	2 2 3 3 2 4
24	5 3 6 4 7 2	2 6 1 3 2 4	2 1 6 3 1 2	4 3 2 2 3 3
25	6 3 3 4 5 3	5 2 4 3 2 5	4 3 2 3 3 6	2 4 3 4 2 2
26	3 2 4 2 3 2	4 1 4 5 2 3	2 3 4 2 2 4	4 3 5 4 3 2
27	4 2 5 4 3 2	3 4 3 2 1 2	3 3 5 4 3 4	4 3 2 5 3 3
28	2 5 2 1 3 4	5 5 3 3 4 5	4 4 5 5 4 3	3 2 5 2 1 3
29	2 2 3 4 2 1	4 5 3 4 4 3	4 5 4 5 2 3	2 2 3 4 5 2
30	5 2 3 4 2 5	3 4 3 3 4 5	5 4 5 4 2 3	4 3 4 5 3 2

Задача 1.4. По исходным данным (табл. 10) рассчитать общую продолжительность строительства при возведении 4 разнотипных объектов при условии, что после 2-го процесса должен быть технологический перерыв в течение 3 суток, а на перебазирование людей и техники со II на III объект затрачивается дополнительное время по два дня по 1-му и 2-му процессам и по одному дню по 3-му и 4-му процессам. Построить циклограмму.

Таблица 10

Исходные данные

Объект	Процесс			
	1	2	3	4
I	8	4	7	8
II	6	7	5	7
III	5	6	6	6
IV	4	5	4	5

Решение. Технологический перерыв после 2-го процесса показывается на матрице (табл. 11) на месте критического сближения. Для организационного перерыва вводится дополнительная строка. Циклограмма приведена на рис. 3.

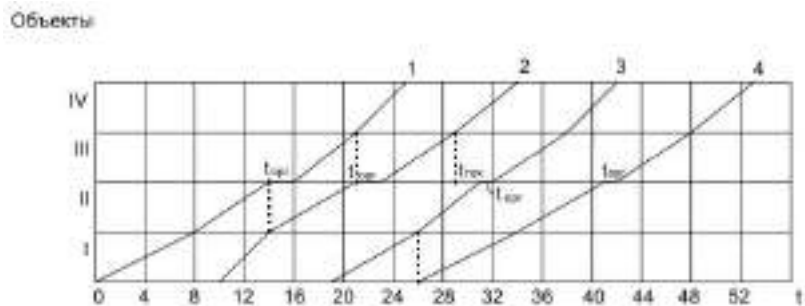


Рис. 3. Циклограмма строительства объектов

Таблица 11

Объект	Процесс			
	1	2	3	4
I	0	10	19	26
	8	2	5	8
		8	14	26
II	8	14	26	34
	6	7	5	7
		14	21	31
	2	2	1	1
III	16	23	29+3=32	42
	5	6	6	6
		21	29	38
IV	21	29	38	48
	4	4	4	5
		4	4	6
		25	34	42
				53

Задание. Решить задачу 1.4 с данными табл. 12.

Таблица 12

Вариант	Продолжительность процессов по объектам, дни			
	1	2	3	4
	I II III IV	I II III IV	I II III IV	I II III IV
1	4 6 7 8	8 5 4 6	7 5 6 4	5 6 8 7
2	5 7 8 6	3 6 7 4	7 4 7 5	4 8 5 8
3	6 8 6 4	5 7 7 7	4 6 8 6	3 5 5 5
4	5 6 7 8	4 8 7 3	8 5 4 6	6 7 4 8
5	6 7 8 4	3 4 5 6	5 6 7 8	4 5 6 7
6	4 7 8 6	8 7 3 4	6 4 5 8	5 6 7 4
7	3 4 5 6	4 5 6 7	5 6 7 8	6 7 8 4
8	6 5 4 3	7 6 5 4	8 7 6 5	4 8 7 6
9	6 8 7 4	4 3 7 8	8 5 4 6	4 7 6 5
10	4 8 7 6	6 5 4 3	8 7 6 5	7 6 5 4
11	8 7 6 5	3 7 8 4	6 4 5 8	8 4 7 6
12	4 6 8 6	7 7 7 5	6 8 6 4	5 5 5 3
13	6 8 7 5	4 7 6 3	5 7 4 7	8 5 8 4
14	8 7 6 4	6 4 5 8	4 6 5 7	7 8 6 5
15	4 7 5 6	5 6 6 7	6 5 7 4	7 4 4 5
16	3 6 5 4	4 5 4 3	5 4 3 5	6 3 4 4
17	5 6 5 7	6 4 4 5	7 7 5 6	4 5 7 4
18	3 6 4 2	5 4 5 4	7 5 6 6	4 3 3 7
19	4 8 5 6	5 7 6 7	6 6 7 5	7 5 8 4
20	1 2 5 3	3 2 4 2	4 5 3 3	5 3 1 4
21	8 7 8 8	5 6 3 5	5 4 6 4	5 7 3 6
22	3 4 5 2	8 2 3 4	4 8 5 3	8 3 5 3
23	4 3 8 3	5 4 3 7	7 5 4 5	3 8 5 7
24	2 4 5 8	4 6 4 5	3 6 5 7	4 5 4 6
25	5 8 4 2	5 4 7 4	8 3 5 6	7 5 4 5
26	3 5 4 8	4 8 3 5	6 6 4 5	4 3 5 6
27	3 5 4 3	4 3 6 8	3 5 8 4	3 5 6 3
28	4 8 3 4	7 3 4 5	5 4 6 7	7 5 8 3
29	8 5 4 6	5 4 4 6	7 5 6 3	6 4 5 4
30	4 4 8 5	5 7 4 5	6 5 3 8	5 4 5 7

Задача 1.5. Пять комплексных процессов (табл. 13) выполняются на пяти разнотипных объектах с продолжительностью в условных единицах времени. При этом 2-й, 3 и 4-й процессы выполняются параллельно и независимо друг от друга; но каж-

дый из них увязывается с первым. Последний процесс увязывается с четвертым. Требуется проверить, как изменится продолжительность строительства, если последний, наиболее трудоемкий, процесс выполнять двумя параллельными бригадами (5а, 5б), и как распределить между ними объекты, чтобы получить наиболее короткий срок строительства. Построить циклограмму.

Исходные данные

Таблица 13

Объект	Процесс				
	1	2	3	4	5
I	4	3	4	5	6
II	2	5	5	4	6
III	3	4	5	5	7
IV	4	1	2	3	5
V	3	4	3	4	5

Решение. Составляем матрицу, находим места критических сближений, выделяя уголками; выполняем расчет матрицы М-1 (табл. 14).

Таблица 14

Матрица М-1

Объект	Процесс				
	1	2	3	4	5
I	0	4	4	4	9
	4	3	4	5	6
		4	7	8	9
II	4	7	13	9	15
	2	5	5	4	6
	6	12	13	13	21
III	6	12	13	13	21
	3	4	5	5	7
		9	16	18	18
IV	9	16	18	18	28
	4	1	2	3	5
		13	17	20	21
V	13	17	20	21	33
	3	4	3	4	5
		16	21	23	25
					38

Бригаде 5а (М-2, табл.15) поручаем работу на нечетных домах, а 5б – на четных. Общий срок сократился на  $38 - 30 = 8$  дней. Циклограмма на рис. 4.

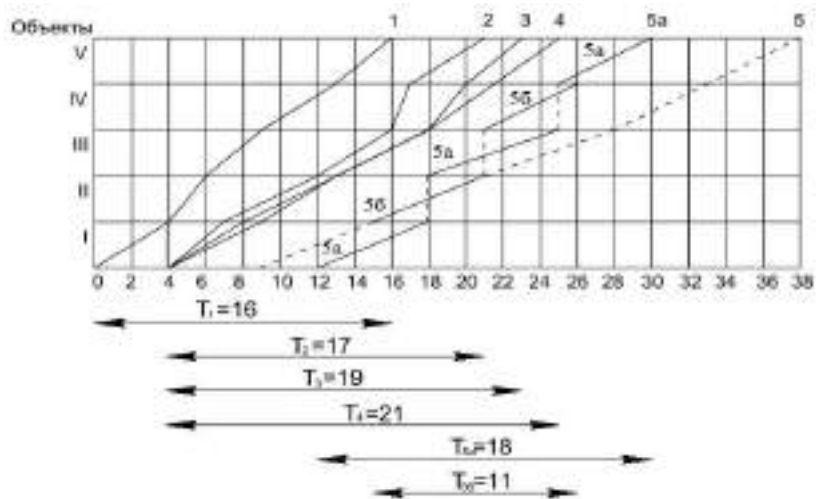


Рис. 4. Циклограмма параллельно и независимо выполняемых неритмичных потоков и параллельных бригад

Таблица 15

Матрица М-2

Объект	Процесс					
	1	2	3	4	5а	5б
I	0	4	4	4	12	
	4	3	4	5	6	
II	4	7	8	9		15
	2	5	5	4		6
	6	12	13	13		21
III	6	12	13	13	18	
	3	4	5	5	7	
	9	16	18	18	25	

Окончание таблицы 15

Объект	Процесс					
	1	2	3	4	5а	5б
IV	9 4 13	16 1 17	18 2 20	18 3 21		21 5 28
V	13 3 16	17 4 21	20 3 23	21 4 25	25 5 30	

Задание. Решите задачу 1.5 с данными табл. 16.

Таблица 16

Вариант	Продолжительность процессов по объектам, дни																								
	1					2					3					4					5				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1	4	7	5	6	3	5	6	6	7	4	6	5	7	4	5	7	4	4	5	6	8	7	8	8	7
2	3	6	5	4	6	4	5	4	3	5	5	4	3	5	5	6	3	4	4	4	7	7	6	6	7
3	5	6	5	7	3	6	4	4	5	5	7	7	5	6	7	4	5	7	4	4	7	8	8	8	8
4	3	6	4	2	3	5	4	5	4	4	7	5	6	6	5	4	3	7	6	6	8	7	7	8	7
5	4	8	5	6	2	5	7	5	6	4	6	6	7	5	4	7	5	8	4	3	8	9	9	8	5
6	1	2	5	1	4	3	2	4	2	5	4	5	3	3	2	5	3	1	4	2	8	6	7	5	6
7	3	6	5	7	4	4	7	6	6	5	5	4	7	5	6	6	5	4	4	7	7	8	8	7	8
8	6	4	5	6	3	5	3	4	5	4	5	5	3	4	5	4	4	4	3	6	7	6	6	7	7
9	3	7	5	6	5	5	5	4	4	6	7	6	5	7	7	4	4	7	5	4	8	8	4	7	2
10	3	2	4	6	3	4	4	5	4	5	5	6	6	5	7	6	7	3	3	4	7	8	7	6	4
11	2	6	5	8	4	4	7	6	7	5	4	5	7	6	6	3	4	8	5	7	5	8	3	3	8
12	4	1	5	2	1	5	2	4	2	3	2	3	3	5	4	2	4	1	3	5	6	5	7	6	8
13	5	2	4	2	5	5	4	5	4	3	4	3	4	5	2	5	2	4	3	5	5	2	4	5	2
14	2	2	3	2	1	2	5	4	4	3	4	5	4	2	3	2	2	3	5	2	1	2	3	4	4
15	2	5	2	3	4	5	5	3	4	5	4	4	5	5	2	3	2	5	2	3	4	2	5	4	
16	4	2	5	4	3	3	4	3	2	2	3	3	5	3	4	3	4	5	3	5	5	4	3	4	2
17	3	2	4	1	2	2	1	4	5	3	2	3	4	2	4	4	3	5	3	2	5	2	3	3	2
18	6	3	4	5	3	3	2	4	2	5	4	3	2	3	6	2	4	3	5	1	3	4	6	5	3
19	5	3	6	4	7	2	6	1	3	2	2	1	6	3	2	4	3	2	1	3	6	5	6	7	
20	6	5	4	2	5	6	2	4	5	2	6	4	4	5	4	2	1	3	2	4	5	3	4	5	
21	4	3	3	5	3	4	3	7	4	3	6	5	4	3	5	5	6	4	5	3	3	5	4	3	
22	5	3	1	2	3	4	4	2	3	5	2	5	4	5	3	3	4	3	5	3	4	3	5	3	
23	5	2	4	3	5	3	3	5	3	4	5	5	5	4	3	2	4	5	2	2	4	5	5	2	
24	1	2	3	4	2	5	2	1	4	5	5	4	3	5	3	2	4	3	1	5	6	3	4	5	3

Вариант	Продолжительность процессов по объектам, дни																								
	1					2					3					4					5				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
25	2	5	4	3	4	2	5	2	4	2	3	5	4	5	4	5	4	3	4	5	4	2	5	2	1
26	3	2	2	3	2	5	2	4	4	5	2	4	5	4	2	3	2	2	3	5	5	4	4	3	2
27	2	5	3	2	3	5	5	4	3	4	4	4	5	3	6	2	3	2	5	2	3	5	6	4	4
28	3	4	2	5	4	5	3	4	3	2	4	3	3	5	3	2	4	3	5	3	4	3	3	5	6
29	4	4	3	5	6	3	5	4	5	3	3	2	4	4	5	5	4	3	4	2	4	3	2	5	7
30	5	4	5	3	5	4	3	3	5	1	5	3	5	4	2	4	5	7	6	4	3	4	5	3	2

Задача 1.6. По данным табл. 17 составить и рассчитать матрицу неритмичных потоков на возведение трех 9-этажных 8-, 7- и 6-секционных жилых домов при совмещенном выполнении санитарно-технических, электромонтажных и отделочных работ при условии готовности монтажных работ и устройства кровли соответственно на 50%, 70% и 90%. Определить сроки возведения каждого дома и сверить их с нормативами.

Таблица 17

## Исходные данные

Номер дома	Кол-во <u>этажей</u> Кол-во секций	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электро-монтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
I	9/8	68	60	96	104	106	408
II	9/7	58	54	84	91	92	342
III	9/6	50	47	72	78	79	276

Решение.

1. Составляем матрицу (табл. 18) и находим на ней места критических сближений. Они все будут в первой строке.

2. Определяем начало всех процессов на первом объекте с учетом заданного совмещения и выполняем на матрице расчет общей продолжительности строительства:

$$t_{3-1}^H = 68 + 0,5 \times 60 = 98; \quad t_{4-1}^H = 68 + 0,7 \times 60 = 110; \quad t_{5-1}^H = 68 + 0,9 \times 60 = 122.$$

3. Определяем по матрице величины положительных (х) и отрицательных (Δ) разрывов между смежными процессами и их сумму по каждому) объекту:  $\sum t_{раз1} = -30 - 84 - 92 = -206$ ;  $\sum t_{раз2} = 2 + 12 - 64 - 77 = -127$ ;

$$\sum t_{раз3} = 6 + 49 - 45 - 63 = -53.$$

4. Определяем продолжительность возведения каждого объекта по формулам:

$$T_{об} = \sum t_i \pm \sum t_{раз}, \text{ или } T_{об} = t_j^o - t_j^h$$

$$T_{об1} = 434 - 206 = 228, \text{ или } T_{об1} = 228 - 0 = 228 < 408$$

$$T_{об2} = 379 - 127 = 252, \text{ или } T_{об2} = 320 - 68 = 252 < 342$$

$$T_{об3} = 326 - 53 = 273, \text{ или } T_{об3} = 399 - 126 = 273 < 276$$

Таблица 18

Номер дома, <u>этажи/п</u> секции	Работы "нулевого" цикла	Монтажные работы	Сантехнические работы	Электромонтажные работы	Отделочные работы	$T_{об}$	$T_{норм}$	$\sum t_i$
I 9/8	0 68 68	68 60 128	98 96 -30 194	110 104 -84 214	122 106 -92 228	228	408	434
II 9/7	68 58 126	128 54 182	194 84 278	214 91 -64 305	228 92 -77 320	252	342	379
III 9/6	126 50 176	182 47 229	278 72 350	305 78 -45 383	320 79 -63 399	273	276	326

Задание. Решить задачу 1.6 с данными табл. 19.

Таблица 19

Вариант	Номер дома	Кол-во <u>этажей</u> Кол-во секций	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электромонтажные работы	Отделочные работы	$T_{норм}$
1	I	9/8	68	60	96	104	106	408
	II	9/6	50	47	72	78	79	276
	III	9/4	24	30	48	52	53	209
2	I	9/8	68	60	96	104	104	408
	II	9/5	42	39	60	65	66	233
	III	9/3	25	23	36	39	40	198

Продолжение таблицы 19

Вариант	Номер дома	Кол-во этажей Кол-во секций	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электромонтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
3	I	9/7	58	54	84	91	9»	342
	II	9/6	50	47	72	78	79	276
	III	9/5	42	39	60	65	66	233
4	I	9/7	58	54	84	91	92	342
	II	9/5	34	39	60	65	66	233
	III	9/3	25	23	36	39	40	198
5	I	9/7	50	54	84	91	92	342
	II	9/4	34	30	48	52	53	209
	III	9/3	25	23	36	39	40	198
6	I	9/6	50	47	72	78	79	276
	II	9/5	42	39	60	65	66	233
	III	9/4	34	30	48	52	53	209
7	I	9/7	58	54	84	91	92	342
	II	9/5	42	39	60	65	66	233
	III	9/4	34	30	48	52	53	209
8	I	9/6	50	47	72	78	92	276
	II	9/5	34	30	48	52	66	209
	III	9/3	25	23	36	39	53	198
9	I	9/8	68	60	96	104	79	408
	II	9/4	34	30	48	52	53	209
	III	9/3	25	23	36	39	40	198
10	I	9/8	68	60	96	104	106	408
	II	9/6	50	47	72	78	79	276
	III	9/3	25	23	36	39	40	198
11	I	9/8	68	60	96	104	106	228
	II	9/4	34	30	48	52	53	247
	III	9/6	50	47	72	78	79	310
12	I	9/8	68	60	96	104	106	228
	II	9/3	25	23	36	39	40	200
	III	9/5	42	39	60	65	66	241
13	I	9/7	58	54	84	91	92	199
	II	9/5	42	39	60	65	40	207
	III	9/6	50	47	72	78	66	244

Продолжение таблицы 19

Вариант	Номер дома	Кол-во этажей Кол-во секций	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электромонтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
14	I	9/7	58	54	84	91	92	199
	II	9/3	25	23	36	39	40	181
	III	9/5	42	39	60	65	66	222
15	I	9/4	34	30	48	52	53	142
	II	9/7	58	54	84	91	92	200
	III	9/3	25	23	36	39	40	182
16	I	9/5	42	39	60	65	66	154
	II	9/6	50	47	72	78	79	191
	III	9/4	34	30	48	52	53	194
17	I	9/5	42	39	60	65	66	166
	II	9/4	34	30	48	52	53	177
	III	9/7	58	54	84	91	92	235
18	I	9/4	34	30	48	52	53	136
	II	9/3	25	23	36	39	40	142
	III	9/6	50	47	72	78	79	196
19	I	9/4	34	30	48	52	53	156
	II	9/8	68	60	96	104	104	226
	III	9/3	25	23	36	39	40	188
20	I	9/3	25	23	36	39	40	89
	II	9/8	68	60	96	104	106	170
	III	9/6	50	47	72	78	79	181
21	I	9/5	42	39	60	65	66	143
	II	9/3	25	23	36	39	40	141
	III	9/4	34	30	48	52	53	169
22	I	9/8	68	60	96	104	106	171
	II	9/6	50	47	72	78	79	182
	III	9/7	58	54	84	91	92	224
23	I	9/8	68	60	96	104	106	228
	II	9/3	25	23	36	39	40	200
	III	9/7	58	54	84	91	92	267
24	I	9/8	68	60	96	104	106	228
	II	9/4	34	30	48	52	53	213
	III	9/5	42	39	60	65	66	245

Вариант	Номер дома	Кол-во <u>этажей</u> Кол-во секций	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электромонтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
25	I	9/7	58	54	84	91	92	199
	II	9/4	34	30	48	52	53	194
	III	9/6	50	47	72	78	79	239
26	I	9/8	68	60	96	104	106	229
	II	9/5	42	39	60	65	66	227
	III	9/7	58	54	84	91	92	277
27	I	9/6	50	47	72	78	79	171
	II	9/3	25	23	36	39	40	161
	III	9/5	42	39	60	65	66	202
28	I	9/8	68	60	96	104	106	230
	II	9/4	34	30	48	52	53	215
	III	9/7	58	54	84	91	92	273
29	I	9/7	58	54	84	91	92	199
	II	9/3	25	23	36	39	40	181
	III	9/6	50	47	72	78	79	235
30	I	9/8	68	60	96	104	106	228
	II	9/5	42	39	60	65	66	226
	III	9/6	50	47	72	78	79	263

Задача 1.7. По данным табл. 20 монтажные работы начинаются после того, как на одном из домов выполнено не менее 50% работ "нулевого" цикла. Санитарно-технические работы начинаются при готовности 70% монтажных работ. Начало электромонтажных работ по отношению к началу санитарно-технических работ на 10%, а отделка начинается при готовности электромонтажных работ не менее чем на 30% на одном из домов. Рассчитать продолжительность возведения каждого из 3 домов в днях и сверить ее с нормативной.

Таблица 20

Номер дома	Работы «нулевого» цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электро-монтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
I	42	39	72	78	79	276
II	50	47	48	52	65	233
III	34	30	60	66	67	220

Решение.

1. Составляем матрицу (табл. 21) и выполняем на ней поиск мест критических сближений (-).

2. Устанавливаем начало расчета каждого процесса в соответствии с заданием об их совмещении и найденным м.к.с и выполняем расчет

$$t_{2,II}^H = 50 \cdot 0,5 + 42 = 67; t_{3,I}^H = 39 \cdot 0,7 + 28 = 55;$$

$$t_{4,I}^H = 72 \cdot 0,1 + 55 = 69; t_{5,I}^H = 78 \cdot 0,3 + 69 = 92.$$

3. Определяем на матрице величины положительных (х) и отрицательных (А) разрывов между смежными процессами и продолжительность возведения каждого объекта, сравнивая с нормативным сроком строительства.

Таблица 21

Номер дома	Работы «нулевого» цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электро-монтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{об}}$	$T_{\text{норм}}$
I	0	28 70%	55 10%	69 30%	92	171	276
	42	△ 39	△ 72	△ 78	△ 79		
	42	14 67	12 127	58 147	55 171		
II	42	50% 67	127	147	171	194	233
	50	△ 47	× 48	△ 52	△ 65		
	92	25 114	13 175	28 199	28 236		
III	92	114	175	199	236	211	220
	34	△ 30	× 60	△ 66	△ 67		
	126	12 144	31 235	36 265	29 303		

Задание. Решите задачу 1.7 со следующими условиями табл. 22.

Таблица 22

Вариант	Номер дома	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электро-монтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
1	I	58	54	91	84	92	342
	II	68	60	96	104	106	408
	III	50	47	72	78	79	276
2	I	34	30	48	52	53	209
	II	50	47	72	78	79	276
	III	68	60	96	104	106	408
3	I	42	39	60	65	66	233
	II	25	23	36	39	40	198
	III	68	60	96	104	106	408
4	I	58	54	84	91	92	342
	II	50	47	72	78	79	276
	III	42	39	60	65	66	233
5	I	58	54	84	91	92	342
	II	42	39	60	65	66	233
	III	25	23	36	39	40	198
6	I	34	30	48	52	53	209
	II	25	23	36	39	40	198
	III	58	54	84	91	92	342
7	I	54	58	91	84	92	342
	II	50	47	72	78	79	276
	III	42	39	60	65	66	233
8	I	58	54	84	91	92	342
	II	25	23	36	39	40	198
	III	34	30	48	52	53	209
9	I	68	60	96	104	106	408
	II	34	30	48	52	53	209
	III	25	23	36	36	40	198
10	I	60	68	96	106	104	408
	II	47	50	72	79	78	276
	III	23	25	36	40	39	198
11	I	58	54	91	84	92	204
	II	50	47	72	78	79	225
	III	68	60	96	104	106	281
12	I	34	30	48	52	53	151
	II	68	60	96	104	106	223
	III	50	47	72	78	79	234

Продолжение таблицы 22

Вариант	Номер дома	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электро-монтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
13	I	42	39	60	65	66	159
	II	68	60	96	104	106	223
	III	25	23	36	39	40	195
14	I	58	54	84	91	92	194
	II	42	39	60	65	66	202
	III	50	47	72	78	79	239
15	I	58	54	84	91	92	194
	II	25	23	36	39	40	176
	III	42	39	60	65	66	217
16	I	34	30	48	52	53	136
	II	58	54	84	91	92	194
	III	25	23	36	39	40	176
17	I	54	58	91	84	92	194
	II	42	39	60	65	66	206
	III	50	47	72	78	79	243
18	I	58	54	84	91	92	194
	II	34	30	48	52	53	189
	III	25	23	36	39	40	195
19	I	34	30	48	52	53	128
	II	25	23	36	39	40	134
	III	68	60	96	104	106	215
20	I	47	50	72	79	73	176
	II	60	63	96	106	104	233
	III	23	25	36	40	39	212
21	I	34	30	48	52	53	224
	II	68	60	96	104	106	296
	III	42	39	60	65	66	294
22	I	50	47	72	78	79	169
	II	42	39	60	65	66	185
	III	58	54	84	91	92	235
23	I	25	23	36	39	40	99
	II	42	39	60	65	66	140
	III	34	30	48	52	53	151
24	I	34	30	48	52	53	136
	II	58	54	84	91	92	194
	III	50	47	72	78	79	215

Окончание таблицы 22

Вариант	Номер дома	Работы "нулевого" цикла	Монтаж и кровля	Сантехнические работы	Электро-монтажные работы	Отделочные работы	$T_{\text{норм}}$
25	I	47	50	78	72	78	167
	II	23	25	36	40	39	159
	III	34	30	48	52	53	189
26	I	54	58	91	84	92	179
	II	25	23	36	40	39	164
	III	68	60	96	104	106	245
27	I	25	23	36	40	39	127
	II	54	58	91	84	92	194
	III	34	30	48	52	53	193
28	I	68	60	96	104	106	223
	II	25	23	36	40	39	194
	III	54	58	91	84	92	261
29	I	34	30	48	52	53	136
	II	54	58	91	84	92	194
	III	25	23	36	40	39	179
30	I	50	47	72	78	79	170
	II	58	54	84	91	92	212
	III	34	30	48	52	53	207

Задача 1.8. По заданным (табл. 23) продолжительностям 4 неритмичных потоков рассчитать общую продолжительность строительства, продолжительность каждого спецпотока и возведения каждого объекта без учета и с учетом перерывов, а также коэффициент плотности матриц.

Таблица 23

Объект	Исходные данные			
	Процесс			
	1	2	3	4
I	2	5	4	1
II	1	3	5	6
III	3	1	2	3
IV	6	2	4	2
V	1	3	7	5
VI	2	4	3	4

Решение.

6. Составляем матрицу (табл. 24), находим места критических сближений, выполняем расчет.

7. Определяем продолжительность возведения каждого объекта без учета и с учетом перерывов и продолжительности каждого специализированного потока и заносим в дополнительные две графы и одну строку.

8. Определяем коэффициент плотности матрицы:

$$K_{пл} = 79 / 140$$

Таблица 24

Объект	Процесс				$\frac{\sum t_{чи}}{\sum t_{пе}}$	$\sum t_{об}$
	1	2	3	4		
I	0	3	8	18	12/7	19
	2	21	5	12		
II	2	8	12	19	15/8	23
	1	3	5	17		
III	3	11	17	25	9/16	25
	3	6	12	19		
IV	6	12	19	28	14/10	24
	6	12	14	23		
V	12	14	23	30	16/7	23
	1	13	17	30		
VI	13	17	30	35	13/13	26
	2	15	21	33		
	15	18	25	21	79/61	140

Задание. Решите задачу 1.8 со след. условиями табл. 25.

Таблица 25

Вариант	Продолжительность процессов по объектам, дни			
	1	2	3	4
	I II III IV V VI	I II III IV V VI	I II III IV V VI	I II III IV VVI
1	4 3 5 8 3 4	7 5 2 4 5 6	6 7 4 6 9 5	3 8 5 4 7 6
2	2 3 4 7 3 4	6 5 3 4 5 6	6 5 4 6 9 5	4 7 5 4 7 6
3	6 4 8 14 4 6	12 8 2 6 8 10	10 12 6 10 16 8	4 14 8 6 12 10
4	6 5 7 10 5 6	9 7 4 6 7 8	8 9 6 8 11 7	5 10 7 6 9 8

Окончание таблицы 25

Вариант	Продолжительность процессов по объектам, дни			
	1	2	3	4
	I II III IV V VI	I II III IV V VI	I II III IV V VI	I II III IV VVI
5	5 4 6 9 4 5	8 6 3 5 6 7	7 8 5 7 10 6	4 9 6 5 8 7
6	4 3 5 8 3 4	12 8 2 6 8 10	7 8 5 7 10 6	1 6 3 2 5 4
7	5 2 3 4 2 5	5 4 3 3 4 5	5 4 5 4 2 3	4 3 4 5 3 2
8	2 3 2 4 2 1	2 5 3 4 4 3	4 5 4 3 2 5	2 2 3 4 5 2
9	2 5 2 1 3 4	3 5 5 3 4 5	5 4 4 5 4 3	5 2 3 2 1 3
10	5 2 4 4 3 2	3 4 3 2 1 2	5 3 3 4 3 4	2 3 4 5 3 3
11	4 2 3 2 3 2	4 1 2 5 2 3	4 3 2 2 2 4	5 3 4 4 3 2
12	3 3 6 4 5 3	4 2 3 3 2 5	2 3 4 3 3 6	3 4 2 4 2 2
13	6 3 5 4 7 2	1 6 2 3 2 4	6 1 2 3 1 2	2 3 4 2 3 3
14	2 5 6 4 2 5	1 2 6 4 5 2	4 2 6 4 5 4	3 2 2 3 2 4
15	2 3 4 3 5 3	6 3 4 4 4 3	4 5 6 4 3 5	3 3 5 6 4 5
16	2 5 3 4 3 3	5 3 2 4 5 3	2 4 4 3 2 5	3 3 5 1 2 3
17	4 2 5 3 3 5	5 3 3 3 3 4	5 4 5 5 3 3	4 5 3 5 2 2
18	2 2 5 1 4 5	3 2 1 3 4 2	3 4 5 5 3 3	4 3 2 2 2 5
19	2 5 2 2 4 2	4 5 2 2 3 4	4 5 3 3 5 4	3 4 2 2 4 5
20	2 3 3 4 3 2	2 2 5 5 4 4	2 4 1 5 4 2	3 2 3 2 2 5
21	2 2 3 4 3 2	5 2 2 4 5 5	2 1 4 3 2 5	3 4 1 4 3 5
22	4 5 2 3 2 3	4 5 5 3 2 4	5 4 2 5 4 5	4 3 2 2 5 2
23	2 4 3 2 5 4	3 2 5 4 3 2	4 3 4 3 3 5	4 2 1 3 5 3
24	4 3 4 2 3 3	4 4 5 2 5 5	3 4 5 5 2 4	4 2 3 3 5 4
25	4 4 5 3 5 4	2 5 3 4 5 3	2 2 3 4 3 3	3 5 4 2 3 2
26	4 3 2 2 4 3	4 3 4 4 5 5	2 3 4 4 3 4	2 5 4 7 6 4
27	5 5 4 3 2 5	4 2 3 3 5 4	4 3 5 3 4 4	2 3 4 5 4 3

28	4 5 5 4 6 4	2 3 3 3 5 2	2 4 3 3 4 4	1 4 4 3 4 4
29	4 5 1 7 7 4	2 4 4 4 6 4	2 3 5 5 5 5	3 4 1 4 3 3
30	3 5 4 6 6 4	1 2 3 4 5 3	5 3 3 3 5 5	4 2 3 4 3 3

Задача 1.9. Определить продолжительность строительства 19 9-этажных однотипных жилых домов площадью по 7,5 тыс. м<sup>2</sup> поточным методом при условии, что продолжительность работ с учетом трудоемкости двухсменного выполнения механизированных работ и размера фронта работ на одном доме может быть принята (в днях): земляные – 12; возведение подземной части – 22; возведение стен, перекрытий и выполнение соответствующих работ – 46; устройство кровли – II; внутренние плотничные работы, затирка стен и потолков, устройство чистых полов, плотничные работы – 45; наружное благоустройство и озеленение – 12.

Решение. По условиям задачи видно, что имеется возможность организовать ритмичный поток с единым шагом потока величиной 12 дней, для этого корректируем продолжительность выполнения процессов с целью создания потока с кратным ритмом работы бригады. Корректировка продолжительности работ проводится путем некоторого сокращения отдельных сроков за счет

№ п/п	Виды работ	дни																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																			
1	Земляные работы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																			
2	Возведение подземной части здания	1				3		5		7		9		11		13		15		17	19																		
			2		4		6		8		10		12		14		16		18																				
3	Возведение надземной части здания и выполнение 1-го этапа сантехн. и электромонт. работ				1					5				9					13		17																		
						2					6				10					14		18																	
							3					7				11					15		19																
								4					8				12					16																	
4	Устройство кровли							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19													
5	Внутренние плотничные работы, затирка стен и потолков, подготовка под полы								1					4				7			10			13			16			19									
											2				5				8			11			14			17											
												3				6				9			12			15			18										
6	Отделочные работы, устройство чистых полов, 2 этап сантех. и электромонт. работ												1								5						9				13				17				
															2							6						10						14			18		
																	3						7						11							15			19
																		4						8						12								16	
7	Наружное благоустройство																				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

интенсификации производства (применения более эффективных технических средств, лучшей организации труда и др.) либо некоторого удлинения срока (если он меньше намеченного шага потока). За счет уменьшения числа рабочих, занятых на этом процессе.

Рис. 5. Календарный график поточного строительства 19 крупнопанельных жилых домов.

Тогда продолжительность выполнения работ в днях следующая: земляные работы – 12; возведение подземной части здания – 24; монтаж надземных конструкций и выполнение соответствующих работ – 48; кровля – 12; внутренние работы – 36; отделочные работы – 48; наружное благоустройство – 12; общая продолжительность строительства одного дома составит 192 дн. (что находится в пределах действующих норм). Ряд неупомянутых работ (санитарно-технические, электромонтажные и др.) выполняются параллельно с общестроительными работами, что учитывается при делении объекта по захваткам.

Для организации кратноритмичного потока с единым шагом требуется для выполнения работ с продолжительностью, превышающей шаг потока, создать параллельные бригады одной специальности. Число таких бригад определяется путем деления продолжительности работ на шаг потока. Так, для возведения подземной части здания потребуется 2 бригады; для монтажа надземной этажей здания – 4; для внутренних плотничных работ, подготовки под полы и затирки швов – 3; отделочников – 4.

Общая продолжительность строительства 19 домов

 дн.

По результатам расчета строится календарный график и циклограмма, из которых видно, что работы развертываются таким образом, что готовые дома должны вводиться в эксплуатацию с интервалом в 12 дней ритмично (рис.5).



надземной части здания	41	37	33	51	58	45	39	33	29	46	36
Устройство кровли	10	9	8	13	14	11	10	8	7	12	8
Внутренние плотничные работы	29	28	24	38	43	32	30	23	22	35	27
Отделочные работы	42	36	31	53	54	46	41	33	30	49	37
Наружное благоустройство	10	9	10	13	14	12	11	8	8	11	9
Вид графика: календарный график (КГ), циклограмма (ц)	кг	ц	ц	кг	ц	кг	ц	кг	кг	ц	кг
Количество домов	16	23	17	12	18	13	19	14	20	24	23
Земляные работы	14	11	13	12	9	10	13	15	9	8	10
Возведение подземной части здания	25	19	29	25	23	17	23	29	17	17	19
Возведение надземной части здания	53	39	56	54	45	35	47	55	33	34	35

Устройство кровли	13	9	15	14	10	9	11	13	7	9	9
Внутренние плотничные работы	40	29	43	38	32	28	35	41	25	25	28
Отделочные работы	51	42	55	52	44	37	49	57	31	33	37
Наружное благоустройство	12	10	15	13	11	10	12	12	8	9	8
Вид графика: календарный график (КГ), циклограмма (ц)	кг	ц	ц	кг	ц	кг	ц	кг	кг	ц	кг

Окончание таблицы 26

Условия	Варианты							
	23	24	25	26	27	28	29	30
Количество домов	22	21	20	19	18	17	16	15
Земляные работы	11	11	12	12	15	14	10	11
Возведение подземной части здания	19	23	23	24	29	27	23	21
Возведение надземной части здания	39	47	45	51	55	53	45	39
Устройство кровли	9	13	11	13	14	11	12	9
Внутренние плотничные работы	31	35	34	40	41	38	35	32
Отделочные работы	40	49	45	53	57	51	43	41
Наружное благоустройство	9	11	11	14	15	11	12	10
Вид графика: календарный график (КГ), циклограмма (ц)	кг	ц	ц	кг	ц	кг	ц	кг

## 2. СЕТЕВОЕ И КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Задача 2.1. По заданным кодам работ ( $i-j$ ) и их продолжительности  $t$  (табл. 27) построить фрагмент сетевого графика, избегая пересечения, и рассчитать его способом дроби с определением общих и частных резервов времени ( $R/r$ ), нахождением критического и подкритического путей.

Исходные данные

Таблица 27

$i-j$	$t$	$i-j$	$t$	$i-j$	$t$	$i-j$	$t$
1-2	2	2-6	6	5-7	2	7-9	3
1-3	3	3-5	6	5-8	3	8-10	8
2-3	4	4-5	0	5-9	2	9-10	10
2-4	2	4-7	7	6-7	5		

**Решение.** По заданным кодам работ строим сетевой график. Около каждого события ходом слева направо проставляем в числителе раннее начало работ  $PH (t_{ij}^{PH} = \max_{ni})$ , ходом справа налево – в знаменателе позднее окончание показывает критическую продолжительность  $T_{кр} = 27$ .

По равенству значений числителя и знаменателя проводим критический путь, выделяя его двойными линиями.

Общий резерв времени работы  $R$  определяем как разность значений знаменателя у конца стрелки, числителя – у начала стрелки и продолжительности данной работы:  $R_j = t_{ij}^{PO} - t_{ij}^{PH} - t_{ij}$ .

Частный резерв времени работы  $r$  определяем как разность числителей у конца и начала каждой стрелки и продолжительности работы:

$$r_{ij} = t_{jk}^{PH} - t_{ij}^{PH} - t_{ij}$$

Оба резерва проставляются около каждой работы в скобках (R/r). Для критических работ оба резерва равны нулю.

Подкритический путь рассчитываем начиная от последнего события, у которого за конечный срок принимаем цифру, ближайшую к критической продолжительности, в нашем случае 23.

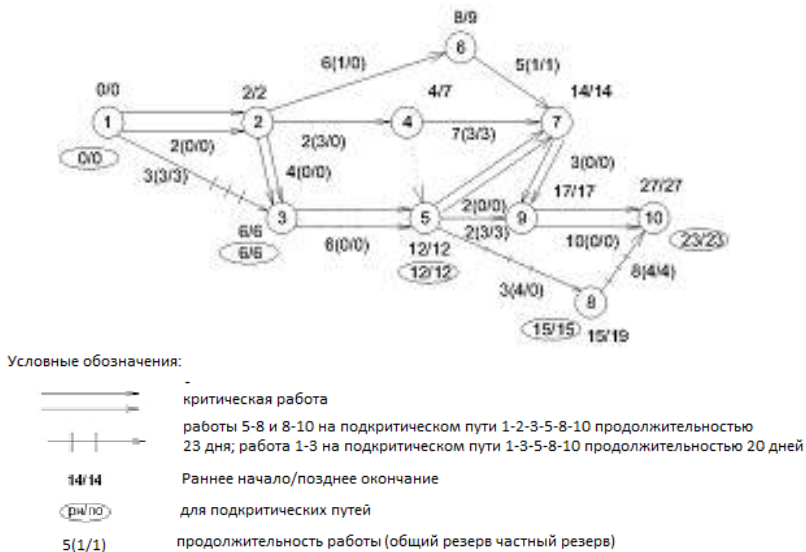


Рис.7. Сетевой график, рассчитанный методом дроби с указанием критического и подкритического пути

Задание. Решите задачу 2.1 с данными табл. 28.

Таблица 28

Вариант	<i>i - j</i>														
	1-2	1-3	2-3	2-4	2-6	3-5	4-5	4-7	5-7	5-8	5-9	6-7	7-9	8-10	9-10
1	1	2	3	3	6	5	0	8	3	3	2	7	3	8	9
2	2	4	5	3	7	6	0	7	2	3	3	6	6	7	9
3	2	4	3	2	7	5	0	7	3	2	2	7	3	8	10
4	2	3	2	2	8	3	0	8	4	4	4	7	4	6	8
5	1	6	4	2	6	10	0	8	10	2	3	6	3	8	9
6	2	5	3	4	7	6	0	6	5	4	3	6	4	6	9
7	3	5	4	2	5	6	0	8	6	7	4	5	5	7	8
8	2	4	3	4	5	7	0	5	7	6	5	4	8	7	8
9	1	3	5	2	3	4	0	4	7	5	7	6	5	6	8
10	4	3	5	4	3	5	0	6	4	5	6	7	6	5	10
11	2	4	4	5	4	6	0	5	5	6	7	8	6	4	10

Окончание таблицы 28

Вариант	<i>i - j</i>														
	1-2	1-3	2-3	2-4	2-6	3-5	4-5	4-7	5-7	5-8	5-9	6-7	7-9	8-10	9-10
12	3	4	5	5	4	6	0	6	7	4	8	5	5	7	9
13	2	3	5	4	6	5	0	7	6	8	5	4	4	7	8
14	3	4	5	4	4	6	0	5	5	6	8	5	4	8	9
15	4	2	3	5	4	6	0	6	6	5	7	8	6	7	10
16	3	2	3	4	3	5	0	4	7	5	4	5	5	6	7
17	2	4	5	4	5	6	0	6	4	5	7	6	5	6	8
18	4	5	6	4	7	5	0	5	4	6	3	6	4	6	10
19	3	4	5	5	4	6	0	5	7	4	6	7	6	5	9
20	3	3	4	5	4	6	0	6	8	7	4	5	6	7	8
21	5	4	5	6	6	7	0	5	6	6	5	4	5	8	7
22	5	4	4	5	7	6	0	4	3	5	8	6	5	4	7
23	4	4	6	5	4	3	0	5	6	4	5	8	6	5	7
24	5	3	4	4	5	6	0	4	5	6	4	7	8	6	9
25	4	5	4	2	5	7	0	7	5	6	5	4	8	8	9
26	4	5	3	5	4	5	0	4	4	6	7	8	6	7	10
27	2	4	5	6	7	7	0	8	4	6	9	8	7	6	9
28	4	3	4	4	7	5	0	9	4	6	5	6	7	8	9
29	1	4	6	5	4	3	0	7	2	4	6	6	7	5	8
30	5	6	3	4	5	4	0	4	6	7	9	6	8	7	6

Задача 2.2. Построить сетевой график по кодам работ и их продолжительности  $t$  (табл. 29) и рассчитать его табличным способом.

Таблица 29

Исходные данные

<i>i-j</i>	$t$	<i>i-j</i>	$t$	<i>i-j</i>	$t$	<i>i-j</i>	$t$
1-2	5	2-4	0	5-6	3	6-8	2
1-3	2	3-4	2	5-7	2	7-8	1
1-4	3	4-5	8	6-7	6		

Решение. По заданным кодам работ строим сетевой график (рис. 8), составляем расчетную таблицу из девяти граф (табл. 30).

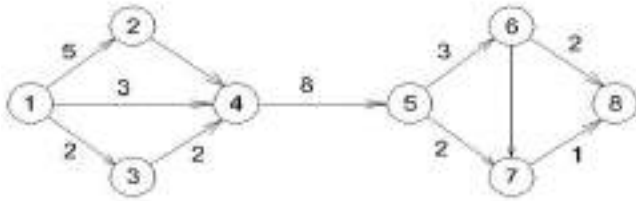


Рис.8. Сетевой график для табличного расчета.

Ранние сроки начала и окончания работ определяются совместно, движением сверху вниз. Для всех работ, выходящих из одного события, раннее начало будет одинаково и принимается равным максимальному окончанию из всех входящих в данное событие работ:  $t_{ij}^{po} = \max_n^{pn}$ ;  $t_{ij}^{po} = t_{ij}^{pn} + t_{ij}$ . Для последнего события раннее и позднее окончания будут равны:  $t_{ij}^{po} = t_{ij}^{no}$ . Поздние сроки начала и окончания работ рассчитываются также совместно, но снизу вверх:  $t_{ij}^{nh} = t_{ij}^{no} - t_{ij}$ ;  $t_{ij}^{no} = \min_{jk}^{nh}$ .

Общий резерв времени каждой работы  $R$  определяем, как разность между ПН–РН или ПО–РО. Частный резерв времени  $r$  определяем, как разность РН последующей работы и РО данной работы. Для критических работ  $R$  и  $r$  равны нулю.

Таблица 30

$i-j$	$t$	РН	РО	ПН	ПО	$R_{ij}$	$r_{ij}$	Отметка критических работ
1-2	5	0	5	0	5	0	0	+
1-3	2	0	2	1	3	1	0	
1-4	3	0	3	2	5	2	2	
2-4	0	5	5	5	5	0	0	+
3-4	2	2	4	3	5	1	1	
4-5	8	5	13	5	13	0	0	+
5-6	5	13	16	13	16	0	0	+
5-7	2	13	15	20	22	7	7	
6-7	6	16	22	16	22	0	0	+
6-8	2	16	18	21	23	5	5	
7-8	1	22	23	22	23	0	0	+

Задание. Решите задачу 2.2 с условиями табл. 31.

Таблица 31

Вариант	<i>i - j</i>										
	1-2	1-3	1-4	2-4	3-4	4-5	5-6	5-7	6-7	6-8	7-8
1	4	2	5	0	1	6	4	2	3	5	1
2	5	3	4	0	3	3	3	5	4	2	5
3	6	2	4	0	2	4	4	2	5	2	2
4	3	2	4	0	2	7	3	9	4	2	1
5	4	4	5	0	2	5	5	2	4	2	2
6	4	6	5	0	7	6	8	5	4	4	7
7	5	4	6	0	5	5	6	8	5	4	8
8	4	3	5	0	4	7	5	4	6	7	5
9	3	4	5	0	5	7	4	6	7	6	5
10	5	4	7	0	5	4	6	3	6	4	6
11	3	3	4	0	6	8	7	4	5	6	5
12	5	4	2	0	5	7	5	6	5	4	8
13	2	4	5	0	6	7	7	8	4	6	9
14	4	3	4	0	4	7	5	9	4	6	5
15	4	3	4	0	4	5	7	9	8	6	4
16	5	6	3	0	6	7	9	6	8	7	6
17	5	6	5	0	6	5	7	8	6	7	4
18	4	5	7	0	5	7	6	5	4	8	8
19	2	4	3	0	4	5	7	5	7	6	5
20	3	5	4	0	4	5	6	7	4	8	5
21	4	6	5	0	3	5	8	8	4	6	9
22	2	3	5	0	4	6	5	7	6	8	5
23	2	5	3	0	7	6	4	6	5	6	9
24	4	7	5	0	7	6	5	6	8	4	8
25	4	2	5	0	5	6	4	8	6	7	6
26	6	4	7	0	5	5	4	6	3	6	4
27	5	6	7	0	6	7	8	6	9	8	6
28	2	6	4	0	5	7	6	6	8	9	6
29	3	5	6	0	7	4	5	4	6	6	8
30	6	4	5	0	6	7	5	6	5	4	3

Задача 2.3. По заданным кодам работ  $i-j$  и их продолжительности  $t$  (табл. 32) построить сетевой график, рассчитать его секторным способом, привязать к календарю по ранним нача-

лам, построив шкалу времени с начальной датой 9/IV. Все даты вписать в нижний сектор сетевого графика.

### Исходные данные

Таблица 32

i-j	t	i-j	t	i-j	t	i-j	t
1-2	6	2-3	0	5-8	5	7-11	6
1-3	7	2-4	5	6-9	0	8-9	0
1-6	8	3-5	8	6-11	9	8-10	4
1-7	10	4-9	4	7-9	0	9-10	7
						10-11	3

#### Решение.

По заданным кодам работ строим сетевой график крупными кружками и разделяем их на четыре сектора. В верхний сектор проставляем номер события, в левый – раннее начало работ, входящих в данное событие. Сначала заполним только левые сектора, обратным ходом – правые, после чего выявляем критический путь.

Под сетевым графиком вычерчиваем шкалу времени, в верхней полосе шкалы проставляем рабочие дни, полученные согласно расчету на сетевом графике, и в нижней – календарные с учетом заданной даты **начала** строительства, за вычетом субботних, воскресных и праздничных дней месяца. С помощью этой шкалы привязываем сетевой график к календарю по ранним началам, полученные даты проставляем в нижние сектора событий.

Общий резерв времени работы определяем как разность значений правого сектора у конца стрелки минус значение левого у начала стрелки и продолжительности самой работы. Показатели резервов времени проставляем около каждой работы в скобках ( $R/r$ ).

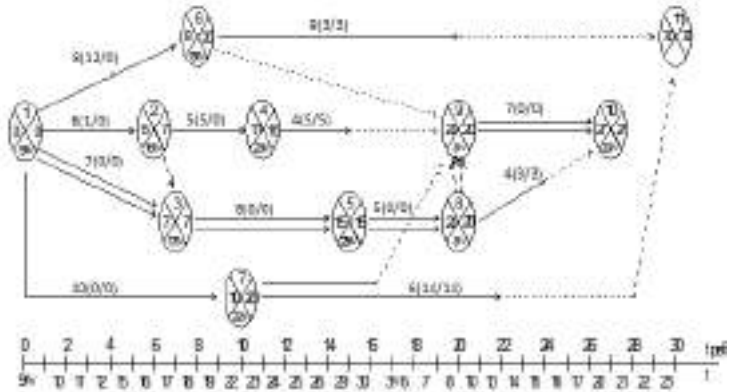


Рис. 9. Сетевой график, рассчитанный секторным способом и привязанный к календарю

Задание. Решите задачу 2.3 с условиями табл. 33.

Таблица 33

$i-j$	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	7	7	7	6	6	8	9	10	7	8
1-3	7	10	7	7	7	6	5	6	6	10
1-6	8	8	8	8	8	7	8	9	8	9
1-7	10	10	10	10	10	9	8	7	10	9
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4	5	5	5	5	5	4	5	5	6	5
3-5	8	9	8	8	8	10	9	8	8	6
4-9	4	7	4	11	4	5	6	6	5	8
5-8	5	4	5	5	5	7	6	7	6	9
6-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-11	23	9	9	9	9	12	14	11	10	10
7-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-11	6	6	6	6	23	10	9	12	9	8
8-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-10	4	4	4	4	4	5	6	5	5	7
9-10	7	7	10	7	7	6	5	6	6	5
10-11	3	4	4	3	3	4	5	3	5	6
Началь- ная дата	7/V	28/ V	4/V	18/ VI	6/V	10/II	15/I	21/ V	10/ VI	25/ VI



Окончание таблицы 33

8-10	6	8	9	9	5	8	5	8	6	8
9-10	5	5	4	6	4	7	6	5	4	6
10-11	3	4	5	7	3	6	7	7	3	3
Началь- ная дата	7/X II	19/I	4/II	16/II	9/II I	23/II I	13/I V	14/I X	5/X	2/X I

Задача 2.4. По заданным кодам работ и их продолжительности (табл. 34) построить два сетевых графика: 1 – безмасштабный с расчетом всех его параметров методом потенциалов, 2 – в масштабе времени по ранним началам и поздним окончаниям с выделением на нем частных резервов времени.

Таблица 34

$i-j$	$t$	$i-j$	$t$	$i-j$	$t$	$i-j$	$t$
0-1	1	1-4	8	3-4	0	5-6	8
0-2	10	2-3	4	3-5	8		
1-2	2	2-4	8	4-5	5		
1-3	7	2-6	10	4-6	2		

Решение. А. Первоначально строим безмасштабный сетевой график. Расчет выполняем на нем методом потенциалов. Около каждого события изображаем значок х. Слева записываем ранние начала работ от первого до последнего события. Внизу проставляем номер события, от которого пришли с наибольшим значением времени. Дойдя до конца, получаем критическую продолжительность. Потенциал последнего события равен нулю; его проставляем справа. Двигаясь от конца к началу, определяем потенциалы каждого события по формуле:

$$t_i^H = \max_j (t_{i-j}^H + t_{i-j})$$

Вверху проставляем номер события, от которого пришли с максимальным значением потенциала. Нижние и верхние цифры показывают направление критического пути, согласно которым наносим его на график. Общий резерв определяем по формуле:

$R_{ij} = T_{ij}^H - t_{ij}^H - t_{ij}^P$ , а частный

$$r_{ij} = t_{jk}^{PH} - t_{ij}^{PH} - t_{ij}$$

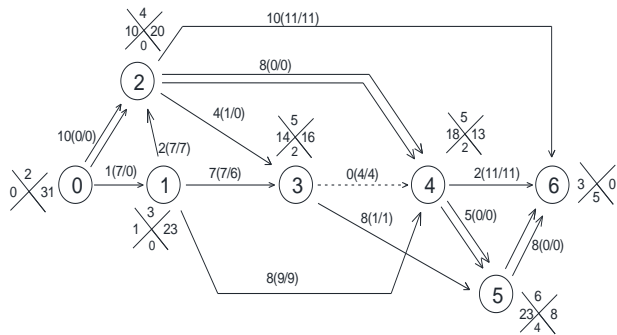


Рис. 10. Безмасштабный сетевой график, рассчитанный методом потенциалов

Решение Б. Все работы стрелки проектируются на шкалу времени. Частные резервы времени работ являются **продолжением** основных стрелок и показываются пунктиром с указанием их величин.

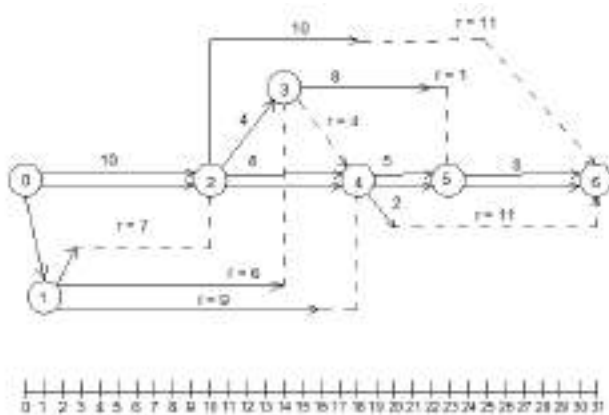


Рис. 11. Сетевой график в масштабе времени с выделением частных резервов времени

Задание. Решите задачу 2.4 со следующими условиями табл. 35.

Таблица 35

Вариант	Варианты												
	0-1	0-2	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	2-6	3-4	3-5	4-5	4-6	5-6
1	3	10	4	7	8	4	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
2	6	10	2	7	8	7	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
3	4	8	2	7	10	5	8	10	0	8	5	8	6
4	1	10	2	7	18	4	8	10	0	8	5	2	6
5	1	10	10	7	8	4	8	12	0	10	5	2	6
6	10	10	0	7	9	4	8	10	0	8	5	2	7
7	8	6	5	9	6	7	8	15	0	7	6	4	1
8	9	6	8	7	5	4	3	6	0	9	5	4	8
9	8	12	4	5	7	6	5	8	0	5	6	8	9
10	5	6	8	9	6	5	10	8	0	7	6	5	4
11	6	8	7	6	10	5	4	5	0	8	7	5	3
12	9	8	5	4	7	4	8	10	0	6	5	4	6
13	8	5	4	7	8	6	4	9	0	12	6	4	7
14	8	6	7	6	9	9	8	5	0	10	7	4	5
15	5	4	6	5	8	10	6	9	0	7	9	10	5
16	7	5	8	9	12	5	9	8	0	5	6	9	4
17	8	6	5	5	7	12	8	10	0	9	8	5	3
18	7	7	5	4	5	4	12	8	0	11	9	3	5
19	8	7	5	10	8	9	7	6	0	5	6	7	8
20	9	8	6	5	11	6	4	10	0	9	4	5	8
21	6	5	4	9	8	7	5	6	0	8	6	8	7
22	7	5	6	8	9	10	9	7	0	9	9	7	6
23	10	9	5	4	7	8	6	5	0	3	4	7	5
24	6	5	6	7	5	6	5	4	0	6	10	8	7
25	7	10	8	7	8	9	8	5	0	10	5	4	7
26	8	9	10	6	5	7	6	5	0	5	6	10	9
27	5	6	8	10	9	5	6	7	0	5	8	8	6
28	6	5	4	7	6	10	5	9	0	12	9	8	5
29	5	6	7	4	10	9	8	6	0	6	10	5	9
30	6	6	11	8	7	5	12	4	0	9	5	10	7

**Задача 2.5.** По заданным кодам работ специализированной организации и их продолжительности (табл. 36) построить и рассчитать (любым способом) сетевой график, затем оптимизировать по времени при условии, что директивный срок равен 35 дней. Оптимизацию выполнить за счет внутренних ресурсов, используя частный резерв времени. Проверить, как изменится суммарная величина частных резервов времени после оптимизации.

Таблица 36

Исходные данные

$i-j$	$t$	$i-j$	$t$	$i-j$	$t$	$i-j$	$t$
1-2	6	2-6	5	4-5	2	8-9	6
1-3	8	3-6	6	5-7	6	8-10	9
1-4	7	3-9	7	6-9	12	8-11	7
1-5	8	4-8	12	7-8	3	9-11	7
				7-10	7	10-11	11

Решение. По заданным кодам работ строим сетевой график, рассчитываем его методом дроби с определением частных резервов времени (рис. 12). Поскольку директивный срок равен 35 дней, т.е. меньше расчетного, равного 39, выполняем оптимизацию сетевого графика по времени. Для этой цели сокращаем продолжительность критических работ, перебрасывая на них часть трудовых ресурсов с работ, имеющих наибольший частный резерв времени, выполняемых одновременно с данной работой и использующих рабочих той же профессии, что можно предположить, поскольку организация специализированная. В табл. 37 приведена старая и новая продолжительность работ.

Строим и рассчитываем новый сетевой график с измененной продолжительностью работ. Общий срок оказался равным директивному и сократилась суммарная величина частных резервов времени с  $\sum r=43$  до  $\sum r=34$  (рис. 11)

Таблица 37

Код работ	Продолжительность	
	старая	новая
3-9	7	8
4-8	12	11
8-10	9	8
8-11	7	10
10-11	11	9

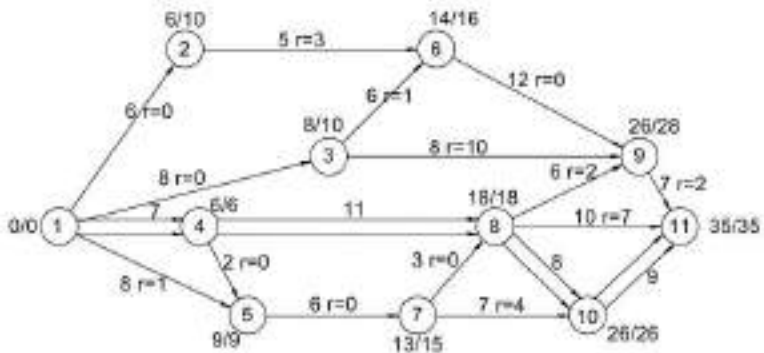
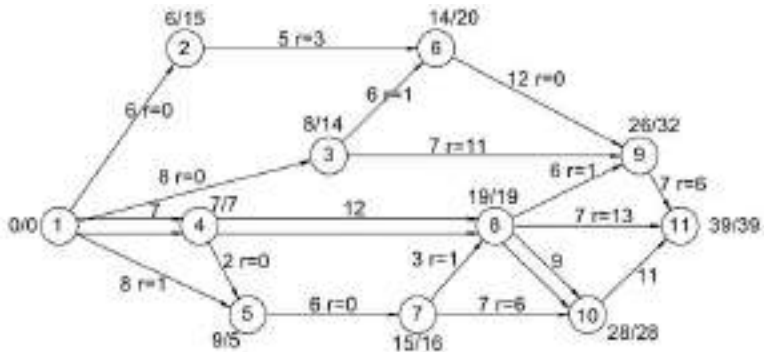


Рис. 12. Оптимизация сетевого графика по времени: а – до оптимизации; б – после оптимизации

Задание. Решите задачу 2.5 с условиями табл. 38.

Таблица 38

Код работ	Вариант																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1-2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1-3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1-4	7	4	7	7	7	7	5	4	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1-5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	8	8	8
2-6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5
3-6	7	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	12	6	6	6	5	6	6
3-9	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	17	7	17	7	7	7	7	7	7	7

Окончание таблицы 38

Код работ	Вариант																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4-5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4-8	12	12	8	12	12	12	12	12	12	5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
5-7	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6-9	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	17	12	12	12	12	12	12	12	12
7-8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	15	3	3
7-10	7	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4	7	7	15
8-9	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	20	6	6	6	6
8-10	9	10	9	4	9	3	9	8	8	9	9	9	9	9	9	7	8	9	9	9	9
8-11	7	7	6	16	7	7	21	7	7	16	7	7	7	7	7	20	7	21	7	7	7
9-11	7	7	7	7	9	7	7	7	7	7	15	15	9	14	16	7	1	7	16	12	7
10-11	11	9	3	11	5	10	11	11	11	6	11	11	11	10	11	11	11	11	11	11	10
Директ. срок	35	31	23	30	30	28	33	31	31	29	36	35	35	34	43	34	35	33	45	45	35

Продолжение таблицы 38

Коды работ	Варианты									
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1-2	6	6	8	5	6	8	8	8	5	
1-3	8	8	9	7	7	7	7	7	7	
1-4	7	7	7	8	8	8	8	7	8	
1-5	8	8	85	5	5	5	5	5	5	
2-6	5	5	6	8	8	8	10	10	8	
3-6	6	6	7	5	5	6	5	5	5	
3-9	7	7	2	10	12	12	10	9	10	
4-5	2	2	12	4	4	2	4	2	4	
4-8	8	12	6	12	10	12	9	10	7	
5-7	6	6	12	9	9	8	8	6	8	
6-9	12	12	3	12	10	10	12	12	12	
7-8	0	3	7	5	5	5	5	5	5	
7-10	7	7	9	7	10	9	7	7	7	
8-9	6	6	9	7	6	7	8	8	6	
8-10	9	9	7	4	5	6	4	4	4	
8-11	7	7	7	6	5	10	10	10	9	
9-11	7	7	10	10	9	8	12	10	10	
10-11	11	3	34	8	8	7	8	5	8	
Директ. срок	30	28	34	38	36	33	40	36	38	

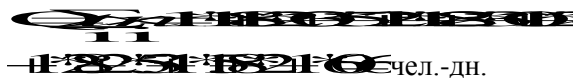
Задача 2.6. По заданным кодам работ, их продолжительности и числу рабочих  $R_{i,j}$  (табл. 39) построить и рассчитать сетевой график, а также построить график изменения численности рабочих. В пределах расчетного срока выполнить оптимизацию сетевого графика по трудовому ресурсу, добиваясь за счет использования частных резервов времени более равномерного изменения числа рабочих. Повторно рассчитать сетевой график с новыми данными и построить на его основе новый график изменения численности рабочих, совместив его с первоначальным.

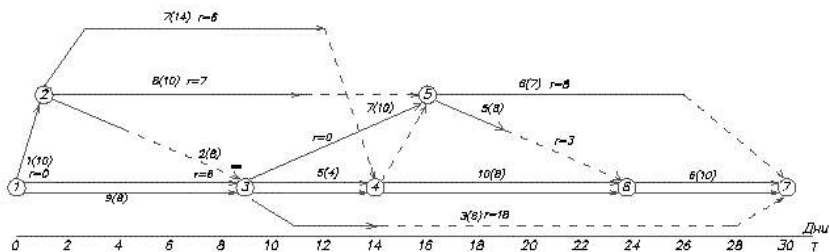
**Таблица 39**

$i-j$	$t$	$n$	$i-j$	$t$	$n$	$i-j$	$t$	$n$
1-2	1	10	3-4	5	4	4-6	10	8
1-3	9	8	3-5	7	10	5-6	5	8
2-3	2	8	3-7	3	6	5-7	6	7
2-4	7	14	4-5	0	0	6-7	6	10
2-5	8	10						

Решение. Руководствуясь кодами работ и их продолжительностью, выполняем расчет сетевого графика методом дроби (рис. 13, а). Для подсчета суммарного количества рабочих, занятых каждый день, строим линейную диаграмму сетевого графика (рис. 13, б). Строим график движения рабочих (рис. 13, в).

Рассчитываем трудоемкость по работам:



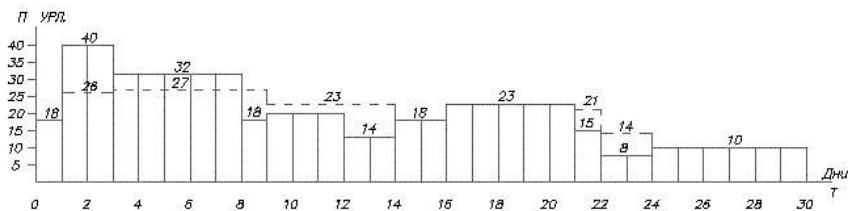


а

i-j	t	n	Дни																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1-2	10	0																														
1-3	8	8																														
2-3	8	8																														
2-4	4	0																														
2-5	14	6																														
3-4	4	0																														
3-5	10	8																														
3-7	6	3																														
4-5	10	8																														
4-6	8	0																														
5-6	8	8																														
5-7	7	3																														
6-7	10	0																														

———— До оптимизации  
 - - - - - После оптимизации

б



в

Рис. 13. Оптимизация сетевого графика по рабочим:  
 а – график в масштабе времени до оптимизации; б – линейная диаграмма сетевого графика до и после оптимизации; в – график движения рабочих до и после оптимизации.

Находим среднее количество рабочих  $n_{cp} = Q/T = 606/30 = 20,2$  чел. Максимальное количество рабочих по графику движения рабочих:  $n_{max} = 40$  чел. Находим коэффициент неравномерности

движения рабочих:  $K = n_{\max} / n_{\text{ср}} = 40/20,2 = 1,93 > 1,5$ . Так как  $K > 1,5$ , то требуется оптимизация сетевого графика. **Заново формируем числовой состав рабочих, добиваясь их равномерного использования в пределах расчетного срока.** Используя резерв времени, удлиняем работы 2-4, не изменяя при этом трудоемкость, и переносим начала работ 2-4, 3-7 на более поздний срок. Вводя ожидания и дополнительные события 2 и 3, получаем измененный сетевой график (рис. 14).

После оптимизации:  $n_{\max} = 27$ , тогда  $K = 27/20,2 = 1,34 < 1,5$ .

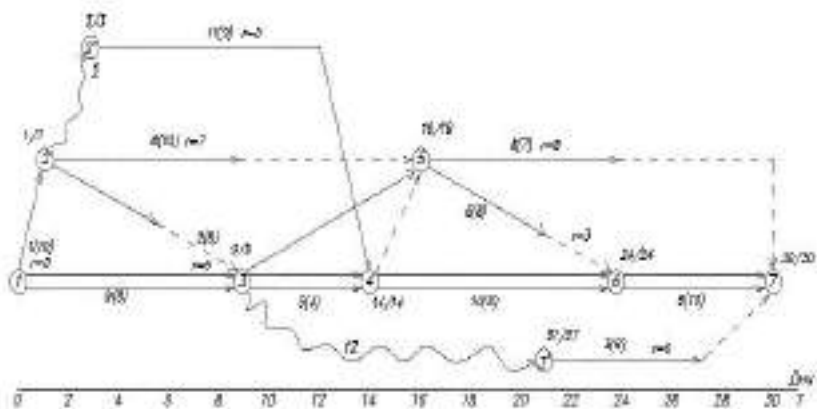


Рис. 14. Сетевой график после оптимизации

Задание. Решите задачу 2.5 со следующими условиями табл.40.

Таблица 40

Вариант	Продолжительность работы ( <i>i-j</i> ), дни/Количество рабочих, чел.												
	1-2	1-3	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	3-7	4-5	4-6	5-6	5-7	6-7
1	$\frac{4}{4}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{14}{7}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{16}{10}$	0	$\frac{10}{8}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{10}{2}$	$\frac{4}{6}$
2	$\frac{6}{4}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{4}{14}$	$\frac{5}{10}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{10}{16}$	0	$\frac{8}{10}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{4}{10}$
3	$\frac{3}{4}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{10}$	0	$\frac{6}{8}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{7}{6}$
4	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{2}{10}$	0	$\frac{3}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{7}{6}$
5	$\frac{4}{2}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{10}{2}$	0	$\frac{8}{3}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{6}{3}$
6	$\frac{4}{10}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{14}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{10}{6}$	0	$\frac{8}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{6}{10}$
7	$\frac{4}{2}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{8}{2}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{6}{10}$	0	$\frac{3}{8}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{4}{6}$
8	$\frac{4}{3}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{10}{8}$	0	$\frac{8}{6}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{6}{7}$
10	$\frac{1}{5}$	$\frac{10}{11}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{7}{15}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{10}{15}$	0	$\frac{5}{8}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{6}{10}$
11	$\frac{5}{5}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{14}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{10}{8}$	0	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{9}{2}$	$\frac{4}{7}$
12	$\frac{1}{4}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{7}{14}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{8}{12}$	$\frac{10}{16}$	0	$\frac{8}{10}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{6}{10}$
13	$\frac{6}{5}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{10}{2}$	0	$\frac{3}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{7}{10}$
14	$\frac{7}{6}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{4}{10}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{12}{8}$	0	$\frac{7}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{9}$
15	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{8}{12}$	$\frac{10}{10}$	0	$\frac{9}{10}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{7}{10}$
16	$\frac{5}{4}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{5}{14}$	$\frac{6}{10}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{12}$	$\frac{11}{16}$	0	$\frac{9}{10}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{4}{10}$
17	$\frac{2}{5}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{8}{14}$	$\frac{10}{10}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{8}{12}$	$\frac{10}{9}$	0	$\frac{9}{10}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{3}{10}$	$\frac{7}{10}$
18	$\frac{1}{5}$	$\frac{10}{11}$	$\frac{2}{9}$	$\frac{7}{13}$	$\frac{8}{11}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{8}{11}$	$\frac{10}{15}$	0	$\frac{8}{9}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{6}{9}$
19	$\frac{7}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{10}{6}$	0	$\frac{7}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{9}$
20	$\frac{4}{4}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{7}{7}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{10}{10}$	0	$\frac{7}{7}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{6}{6}$

Окончание таблицы 40

Вариант	Продолжительность работы ( <i>i-j</i> ), дни/Количество рабочих, чел.												
	1-2	1-3	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	3-7	<b>4-5</b>	4-6	5-6	5-7	6-7
20	6	8	8	10	9	5	10	5		6	8	4	8
21	$\frac{4}{3}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{8}{4}$	0	$\frac{8}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{10}$
22	$\frac{7}{5}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{5}$	0	$\frac{8}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{8}$
23	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{7}{10}$	$\frac{6}{6}$	0	$\frac{5}{6}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{7}{5}$
24	$\frac{4}{10}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{6}$	0	$\frac{9}{6}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{8}$
25	$\frac{3}{9}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{9}{3}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{9}{6}$	0	$\frac{8}{5}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{6}$
26	$\frac{4}{5}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{10}{5}$	0	$\frac{11}{3}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{6}$
27	$\frac{8}{6}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{12}{5}$	0	$\frac{8}{4}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{4}{6}$
28	$\frac{5}{6}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{6}{9}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{10}{4}$	0	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{4}{5}$
29	$\frac{6}{4}$	$\frac{10}{6}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{8}{6}$	0	$\frac{6}{8}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{9}{4}$	$\frac{6}{5}$
30	$\frac{7}{9}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{8}{8}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{11}{5}$	0	$\frac{7}{8}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{5}$

## ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания к практическим и индивидуальным занятиям

Богданов Василий Филиппович  
Киселев Николай Зосимович  
Петрова Ирина Владимировна