

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

М.В. Плешко

**ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебно-методическое пособие
для практических занятий и выполнения расчетно-графической работы
для студентов специальности «Строительство»

Ростов-на-Дону
2017

УДК 69(07) + 06

Рецензент – доктор технических наук, профессор В.И. Куштин

Плешко, М.В.

Организация, управление и планирование в строительстве: учебно-методическое пособие для практических занятий и выполнения расчетно-графической работы для студентов специальности «Строительство» / М.В. Плешко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 53 с.

Приведены общие положения по организации, управлению, планированию в строительстве.

Предназначено для проведения практических занятий и выполнения расчетно-графической работы для студентов специальности «Строительство» всех форм обучения, осваивающих данную дисциплину по утвержденным в Ростовском государственном университете путей сообщения учебным планам.

Одобрено к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Практическая работа №1	5
Практическая работа №2	11
Практическая работа №3.....	25
Практическая работа №4.....	32
Практическая работа №5.....	42
Библиографический список.....	52

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии со стандартом специальности «Строительство» учебными планами и типовыми программами дисциплина «Организация, управление и планирование в строительстве» предваряется теоретической подготовкой по следующим дисциплинам: "Безопасность жизнедеятельности", "Основы архитектуры и строительных конструкций", "Основы организации и управления в строительстве".

Для достижения цели поставлены задачи ведения дисциплины:

- подготовка студента по разработанной в университете основной образовательной программе к успешной аттестации планируемых конечных результатов освоения дисциплины;
- подготовка студента к прохождению практики «Преддипломная»;
- подготовка студента к защите выпускной квалификационной работы;
- развитие социально-воспитательного компонента учебного процесса.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 РИТМИЧНЫЕ ПОТОКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ритм потока – продолжительность выполнения бригадой поручаемого ей комплекса работ на одной захватке.

Если ритмы работы на разных захватках остаются постоянными, то такие потоки называются *ритмичными*. В зависимости от того, как изменяются ритмы смежных бригад, различают равноритмичные (ритмы смежных бригад равны) и разноритмичные (ритмы смежных бригад различны) строительные потоки.

Самый простой случай организации поточного производства – ритмичный поток (ритм потока бригады на разных работах остается постоянным). При ритмичном потоке увязка производится путем включения последующей операции сразу после окончания предыдущей. При проектировании потоков учитывают также возможные организационные и технологические перерывы. Например, выдержка бетонной конструкции до момента начала ее распалубливания. Линейный график и циклограмма ритмичного потока показаны на рисунке 5.4.

а)

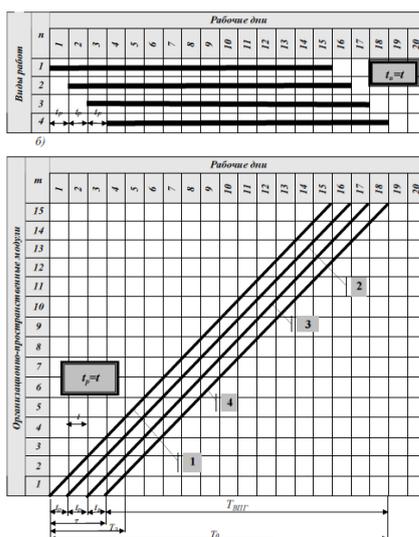


Рисунок 5.4 - Графики ритмичного потока: а) линейный график, б) циклограмма

В циклограмме сохраняется календарная шкала линейного графика, но

горизонтальная полоса выделяется для захваток в порядке их номеров. Работа каждой бригады изображается наклонной линией, которая как бы символизирует движение каждой бригады по фронту работ одной захватки переход с одной захватки на другую.

Задание

1. Определить продолжительность выполнения строительно–монтажных процессов при возведении многоэтажного жилого дома
2. Построить циклограмму ритмичных потоков.

Исходные данные по вариантам

Исходные данные по вариантам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры для расчета ритмичных потоков

№ вар–та	Ритм бригад	Кол–во секций в доме	Кол–во этажей в доме	Кол–во специализированных потоков	Количество частных потоков в каждом специализированном потоке			
					устройство подземной части	возведение надземной части	устройство кровли	выполнение отделочных работ
ед.имз.	дни	секция	этаж	поток	поток			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	3	4	7	5	3	8
2	2	4	3	4	7	5	3	8
3	2	5	3	4	7	5	3	8
4	2	2	3	4	7	5	3	8
5	2	6	4	4	7	5	3	8
6	2	2	4	4	7	5	3	8
7	2	1	4	4	7	5	3	8
8	2	3	4	4	7	5	3	8
9	2	4	5	4	7	5	3	8
10	2	5	5	4	7	5	3	8
11	2	1	5	4	7	5	3	8
12	2	6	5	4	7	5	3	8
13	2	3	4	4	7	5	3	8
14	2	4	4	4	7	5	3	8
15	2	5	4	4	6	6	4	7
16	2	5	4	4	6	6	4	7
17	2	4	3	4	6	6	4	7
18	2	3	3	4	6	6	4	7
19	2	2	3	4	6	6	4	7
20	2	1	3	4	6	6	4	7
21	2	3	5	4	6	6	4	7
22	2	4	5	4	6	6	4	7
23	2	5	5	4	6	6	4	7
24	2	2	5	4	6	6	4	7
25	2	6	5	4	6	6	4	7

Работа по возведению дома проводится без совмещения во времени смежных специализированных потоков и без технологических перерывов между специализированными потоками.

Цель практической работы: отработать навыки расчета и построения графика ритмичного поточного строительства (циклограммы)

Пример:

Для примера рассчитаем параметры ритмичного потока при возведении многоэтажного жилого дома, исходя из данных приведенных в таблице:

Таблица 2 – Исходные данные для расчета параметров ритмичных потоков

Ритм бригад	Кол-во секций в доме	Кол-во этажей в доме	Кол-во специализированных потоков	Количество частных потоков в каждом специализированном потоке			
				устройство подземной части	возведение надземной части	устройство кровли	выполнение отделочных работ
дни	секция	этаж	поток	поток			
1	2	3	4	5	6	7	8
2	3	5	4	7	5	3	8

1. Здание в плане разбиваем на захваты (N_3), в соответствии с количеством секций, исходя из исходных данных имеем $N_3=3$

Определяем количество захваток для каждого специализированного потока:

1) Устройство подземной части дома:

$$N_{3.п.с} = c$$

где c – количество секций

$$N_{3.п.с} = 3$$

2) Возведение надземной части дома:

$$N_{3.н.э} = c * \varepsilon$$

где ε – количество этажей

$$N_{3.н.э} = 3 * 5 = 15$$

3) Устройство кровли

$$N_{3.к.с} = c$$

$$N_{з.к.} = 3$$

4) Выполнение отделочных работ

$$N_{з.о} = c * z$$

$$N_{з.о} = 3 * 5 = 15$$

2) Определяем продолжительность каждого специализированного потока по формуле:

$$T_c = (N_{з+n} - 1) * k + z$$

где n – количество частных потоков

k – ритм бригады на захватке, дн

z – сумма технологических перерывов, дн $z=0$

$$T_{c1} = (3+7-1) * 2 = 18$$

$$T_{c2} = (15+5-1) * 2 = 38$$

$$T_{c3} = (3+3-1) * 2 = 10$$

$$T_{c4} = (15+8-1) * 2 = 44$$

3) Рассчитываем период развертывания по каждому специализированному потоку по формуле:

$$\tau = (n-1) * k + z$$

$$\tau_1 = (7-1) * 2 = 12$$

$$\tau_2 = (5-1) * 2 = 8$$

$$\tau_3 = (3-1) * 2 = 4$$

$$\tau_4 = (8-1) * 2 = 14$$

4) Период выпуска продукции определяется по формуле:

$$T_{пр} = T_c - \tau$$

$$T_{пр1} = 18 - 12 = 6$$

$$T_{пр2} = 38 - 8 = 30$$

$$T_{пр3} = 10 - 4 = 6$$

$$T_{пр4}=30-14=16$$

5) Определяем продолжительность объектного потока:

$$T_{об}=T_{c1}+T_{c2}+T_{c3}+T_{c4}$$

$$T_{об}=18+38+10+44=110$$

6) Строим циклограмму ритмичного потока с указанием этажей и захваток (рис.1) на основании полученных расчетов.

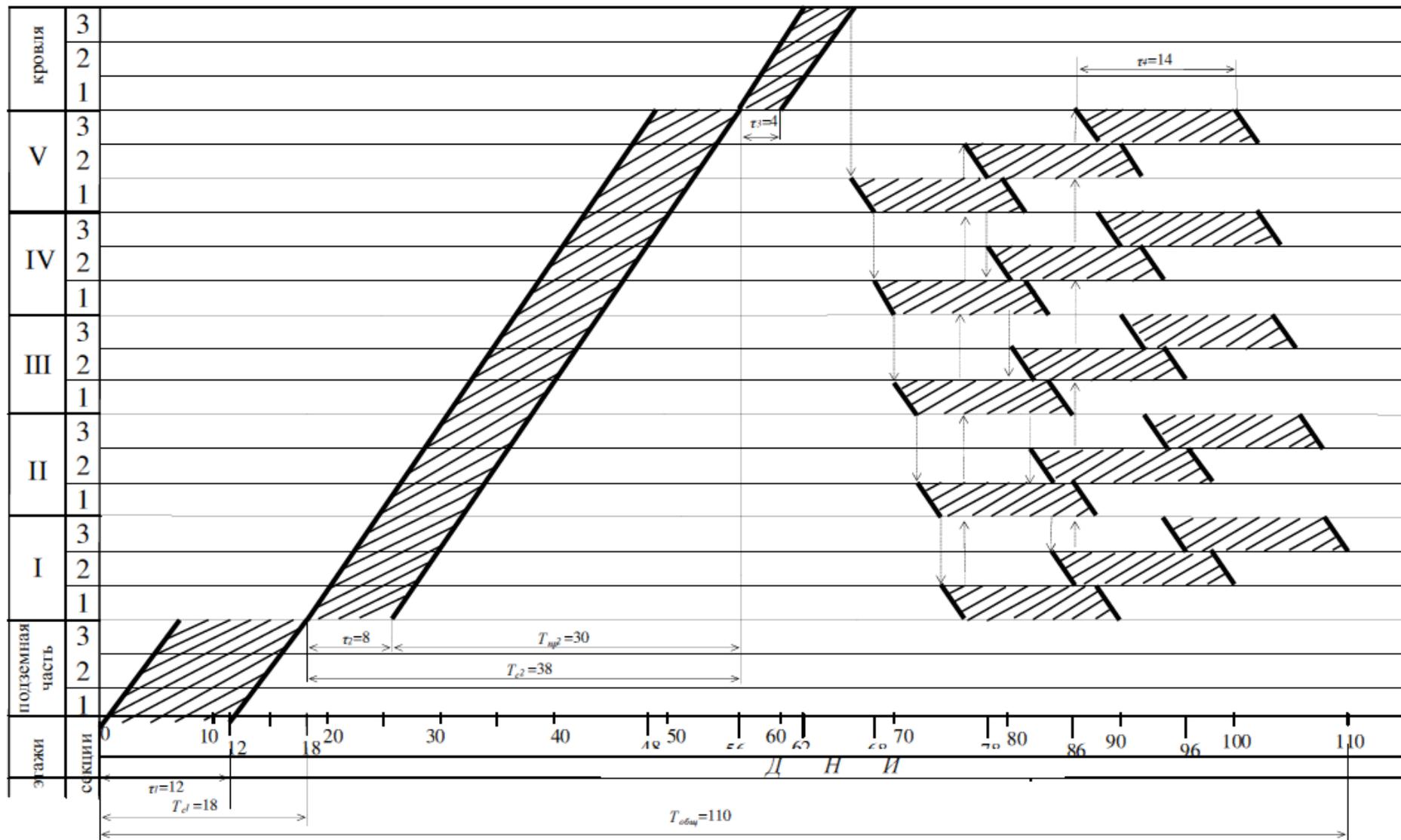


Рисунок 1 – Циклограмма ритмичного потока возведения пятиэтажного трехсекционного жилого дома с указанием частей здания, секций и специализированных потоков

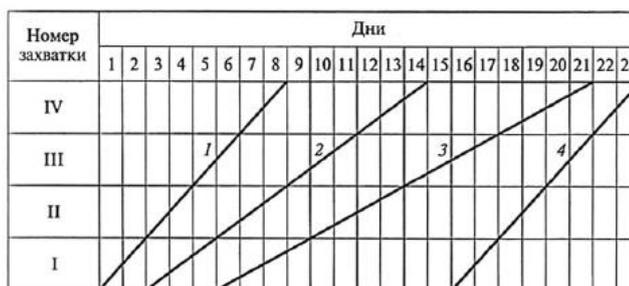
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

РАСЧЕТ НЕРИТМИЧНЫХ ПОТОКОВ МАТРИЧНЫМ МЕТОДОМ

В том случае когда не представляется возможным разделить фронт работ на равные или кратные по срокам выполнения захватки производственный процесс организуется с соблюдением поточности выполнения работ при максимальном совмещении различных работ по времени, но с допущением неравной и некратной продолжительности различных работ на захватках. Такие потоки называются разноритмичными (ритмы смежных бригад различны).



а



б

Рисунок 2.6–Графики разноритмичного потока: а) линейный график, б) циклограмма

Неритмичные потоки– продолжительности работ бригад частных потоков на захватках не равны и не кратны между собой (рисунок 2.2)

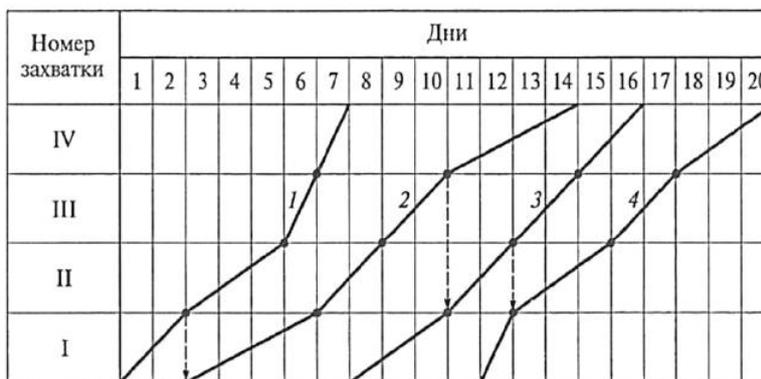


Рисунок 2.2 Циклограмма неритмичного потока

Неритмичный поток отличается тем, что ритм бригад в силу

особенностей фронта на отдельных захватках не остается постоянным. В этом случае при планировании совмещенной работы бригад постоянного состава для обеспечения их непрерывной работы, а отдельные периоды предусматривает простаивающие захватки.

Для расчета параметров потока используют аналитический и графический методы, и метод матричного алгоритма.

На практике ритмичные потоки встречаются довольно редко, при возведении жилых объектов. Неритмичные строительные потоки проектируются для возведения объектов со сложной конфигурацией в плане, с перепадами высот и т.п. Промышленные объекты трудно расчленить на захватки равной трудоемкости, что при неизменной численности бригад приводит к неритмичности потоков.

Задание

1. Составить матрицу строительного потока
2. Рассчитать параметры потока: общую продолжительность строительства, найти места критических сближений
3. Определить продолжительность возведения каждого объекта с учетом и без учета разрывов (простоев), а также продолжительность каждого специализированного потока
4. Определить величины разрывов между смежными процессами на каждом объекте
5. Выполнить поиск безразрывного пути и нанести его на матрицу
6. Построить циклограмму, показать на ней места критического сближения
7. Найти такую очередность строительства этих объектов в потоке, при которой общая продолжительность строительства всех шести домов была бы минимальной, если каждый объект принять за захватку
8. Определить коэффициент плотности матрицы и коэффициент совмещения процессов до и после перестановки объектов в графике потоков

Требуется построить шесть домов с однородными конструкциями, разных

по объему работ и трудоемкости. Строительно– монтажные работы на каждом доме объединены в 4 комплекса.

Исходные данные

Продолжительность выполнения строитель–монтажных работ представлена по вариантам в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты заданий для расчета неритмичных потоков

№ вариан та	Процессы и их продолжительность на захватках, дни																			
	Земляные работы; Бригада А					Монтаж фундаментов; Бригада Б					Монтаж каркаса и стен; Бригада В					Устройство кровли; Бригада Г				
	І	ІІ	ІІІ	ІV	V	І	ІІ	ІІІ	ІV	V	І	ІІ	ІІІ	ІV	V	І	ІІ	ІІІ	ІV	V
1	10	2	6	3	8	14	10	8	8	10	12	4	6	8	6	9	11	8	9	6
2	6	10	6	6	4	2	8	5	11	6	6	9	10	6	8	5	7	8	2	4
3	6	10	8	4	2	10	6	8	11	8	7	5	4	9	7	9	12	10	4	6
4	6	8	4	10	6	9	11	6	4	8	3	5	2	6	7	11	4	9	7	8
5	2	8	10	4	6	11	8	9	10	4	8	5	9	7	9	9	8	9	3	11
6	4	2	4	6	4	6	8	8	5	4	8	4	11	16	9	4	8	4	2	8
7	5	4	8	2	2	4	8	4	9	7	7	8	6	6	9	4	6	4	2	8
8	6	4	6	8	8	4	2	4	2	6	8	9	5	4	6	8	9	4	6	4
9	6	6	10	4	4	2	4	6	2	5	8	4	9	3	10	8	7	9	4	7
10	8	10	6	2	4	8	6	8	9	3	5	6	9	5	3	9	6	11	8	9
11	10	10	2	10	4	9	8	9	10	11	8	9	6	4	6	2	5	7	9	12
12	10	10	2	10	4	9	8	9	10	11	8	9	64	4	6	2	5	7	9	12
13	8	4	2	6	4	7	6	4	2	6	7	5	3	2	4	3	4	6	5	6
14	8	6	8	2	10	2	4	2	4	6	5	3	2	4	5	6	8	6	5	4
15	4	10	8	4	6	3	5	2	4	2	6	8	6	7	5	7	7	9	8	6
16	11	8	6	4	12	8	7	8	5	7	8	4	6	6	4	8	9	10	11	6
17	8	9	10	12	14	7	11	5	6	4	3	5	6	7	8	8	9	11	10	8
18	10	5	4	8	11	3	4	5	6	3	8	5	8	8	11	7	11	12	8	7
19	8	18	10	5	4	6	2	5	2	7	9	4	2	6	4	7	8	4	5	9
20	12	4	3	5	18	11	9	8	11	10	9	2	4	6	8	6	8	4	6	5
21	4	2	8	10	18	11	12	6	7	8	8	9	2	8	9	5	4	7	8	10
22	6	4	10	15	8	8	7	5	9	9	2	4	5	11	17	6	8	4	5	6

23	10	12	4	5	7	8	3	6	4	9	8	5	4	6	7	2	4	6	8	2
24	15	16	7	8	19	7	8	9	11	8	11	12	7	6	12	11	6	10	8	12
25	8	9	5	7	6	2	6	2	8	6	5	3	5	7	8	13	8	7	11	9

Цель практической работы: усвоить методику расчета параметров неритмичного потока матричным способом и определить более рациональную последовательность включения объектов в поток.

Пример:

Исходные данные для расчета представлены в таблице:

Захватки	Процессы и их продолжительность, дни			
	А	Б	В	Г
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

1. Составляем клеточную матрицу, при этом в строках матрицы указываем захваты, а в столбцах – процессы.

Таблица 1 – Расчет параметров неритмичного потока

Захватки	Процессы (номера бригад)				Σt_j	$\Sigma t^{шт}$	$\frac{\Sigma t_{пред.}}{\Sigma t_{посл.}}$
	А	Б	В	Г			
	0	3	8	18			
I	2	× 5 1	— 4	× 1 6	12	7	$\frac{7}{1}$
	2	2	8	12	12	19	
II	1	× 3 5	× 5 1	× 6 2	15	8	$\frac{4}{6}$
	3	3	11	17	17	25	
III	3	× 1 5	× 2 5	× 3 6	9	16	$\frac{4}{3}$
	6	6	12	19	19	28	
IV	6	— 2	× 4 5	× 2 5	14	10	$\frac{8}{2}$
	12	12	14	23	23	30	
V	1	× 3 1	× 7 6	— 5	16	7	$\frac{4}{5}$
	13	13	17	30	30	35	
VI	2	× 4 2	× 3 9	× 4 2	13	13	$\frac{6}{4}$
	15	15	21	33	33	39	
Σt_i	15	18	25	21	79		
$\Sigma t^{шт}$		14	26	21		61	

Рассчитываем начала и окончания работ на всех захватках 1 бригады. Время начала работы 1 бригады на I захватке равно 0.

2. Далее на матрице определяем места критических сближений каждой пары смежных бригад (частных потоков) и обозначаем их "-".

Находим наибольшую продолжительность выполнения работ на захватках этими двумя смежными бригадами путем суммирования продолжительностей их работ на захватках при условии что критическое сближение находится вначале на I, далее на II и т.д.

Определяем критическое сближение для 1 и 2 бригад:

Предполагаем что критическое сближение находится на I захватке, тогда: $(IA + IB + ПБ + ШБ + IVБ + VB + VIB) = 2+5+3+1+2+3+4=20$

Предполагаем что критическое сближение находится на II захватке, тогда: $(IA + ПА + ПБ + ШБ + IVБ + VB + VIB) = 2+1+3+1+2+3+4=16$

Предполагаем что критическое сближение находится на III захватке, тогда: $(IA + ПА + ША + ШБ + IVБ + VB + VIB) = 2+1+3+1+2+3+4 = 16$

Предполагаем что критическое сближение находится на IV захватке, тогда: $(IA + ПА + ША + IVA + IVБ + VB + VIB) = 2+1+3+6+2+3+4 = 21$

Предполагаем что критическое сближение находится на V захватке, тогда: $(IA + ПА + ША + IVA + VA + VB + VIB) = 2+1+3+6+1+3+4=20$

Предполагаем что критическое сближение находится на VI захватке, тогда: $(IA + ПА + ША + IVA + VA + VIA + VIB) = 2+1+3+6+1+2+4=20$

Наибольшее из полученных сумм равно 21. Это значит, что критическое сближение 1 и 2 бригады находится на IV захватке.

Аналогично находим критическое сближение 2 и 3 бригады,

На I захватке: $5+4+5+2+4+7+3 = 30$

на II захватке: $5+3+5+2+4+7+3 = 29$

на III захватке: $5+3+1+2+4+7+3 = 25$

на IV захватке: $5+3+1+2+4+7+3 = 25$

на V захватке: $5+3+1+2+3+7+3=24$

на V захватке: $5+3+1+2+3+4+3= 21$

Критическое сближение 2 и 3 бригад равно 30

Аналогично находим критическое сближение 3 и 4 бригады

На I захватке: $4+1+6+3+2+5+4=25$

на II захватке: $4+5+6+3+2+5+4=29$

на III захватке: $4+5+2+3+2+5+4=25$

на IV захватке: $4+5+2+4+2+5+4=26$

на V захватке: $4+5+2+4+7+5+4=31$

на V захватке: $4+5+2+4+7+3+4=29$

Критическое сближение 3 и 4 бригады равно 31

3. Определяем начала и окончание работ для всех бригад на II–VI захватках.

Для 2 бригады расчет начал и окончаний работ начинают на IV захватке, когда освободится первая бригада, т.е. время окончания работ 12 переносят на начало работ 2 бригады на IV захватке.

Для 3 бригады расчет начал и окончаний работ 3 бригады начинают на I захватке.

Временные параметры работ для 4 бригады рассчитывают начиная с V захватки.

Заполняем все клетки матрицы и получаем срок строительства всех объектов (39 цифра в нижнем углу последней клетки матрицы).

4. Определяем величину вынужденных простоев захваток перед началом на них следующего процесса. (разность значений накрест лежащих углов по вертикали).

5. Определяем коэффициент плотности графика потока (Кпл):

$$K_{пл} = \frac{\sum_1^N \sum_1^n t}{\sum_1^N \left(\sum_1^n t + \sum_1^{n-1} t_{umm} \right)}$$

Кпл характеризует степень использования фронтов работ бригад. В случае отсутствия простоев $K_{пл} = 1$, что свидетельствует о полном использовании фронтов работ. Если $K_{пл} < 1$, то это свидетельствует о том, что имеются случаи простоя фронтов работ.

Согласно матрице получаем $K_{пл} = 79 / (79 + 61) = 79 / 140 = 0,564$ (79 – общее время

выполнения работ на всех объектах, если бы не было совмещенных работ, 61 – продолжительность всех вынужденных перерывов)

Определяем коэффициент совмещения работ:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n t - T}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n t}$$

K_c характеризует величину совмещения работ, включенных в поток. Чем больше K_c , тем больше степень совмещения работ в потоке.

Согласно матрице коэффициент совмещения работ : $K_c = (79-39)/79 = 0,506$

6. Определяем безразрывный путь

Для этого движемся по матрице сверху вниз и слева направо по местам критического сближения от первой к последней клетке, если нет возможности провести безразрывный путь по местам критического сближения, то на матрице находят две клетки с одинаковыми значениями окончания и начала процессов.

Показываем на матрице безразрывный путь, соединяем клетки с местами критических сближений прямой линией, а клетки с одинаковыми значениями окончания и начала процессов пунктирной линией.

Таким образом получаем расчетную продолжительность:

$$T=2+1+3+6+5+2+4+7+5+4=39 \text{ дн}$$

7. Строим циклограмму объектного потока.

Циклограмма объектного потока представлена на рисунке 1

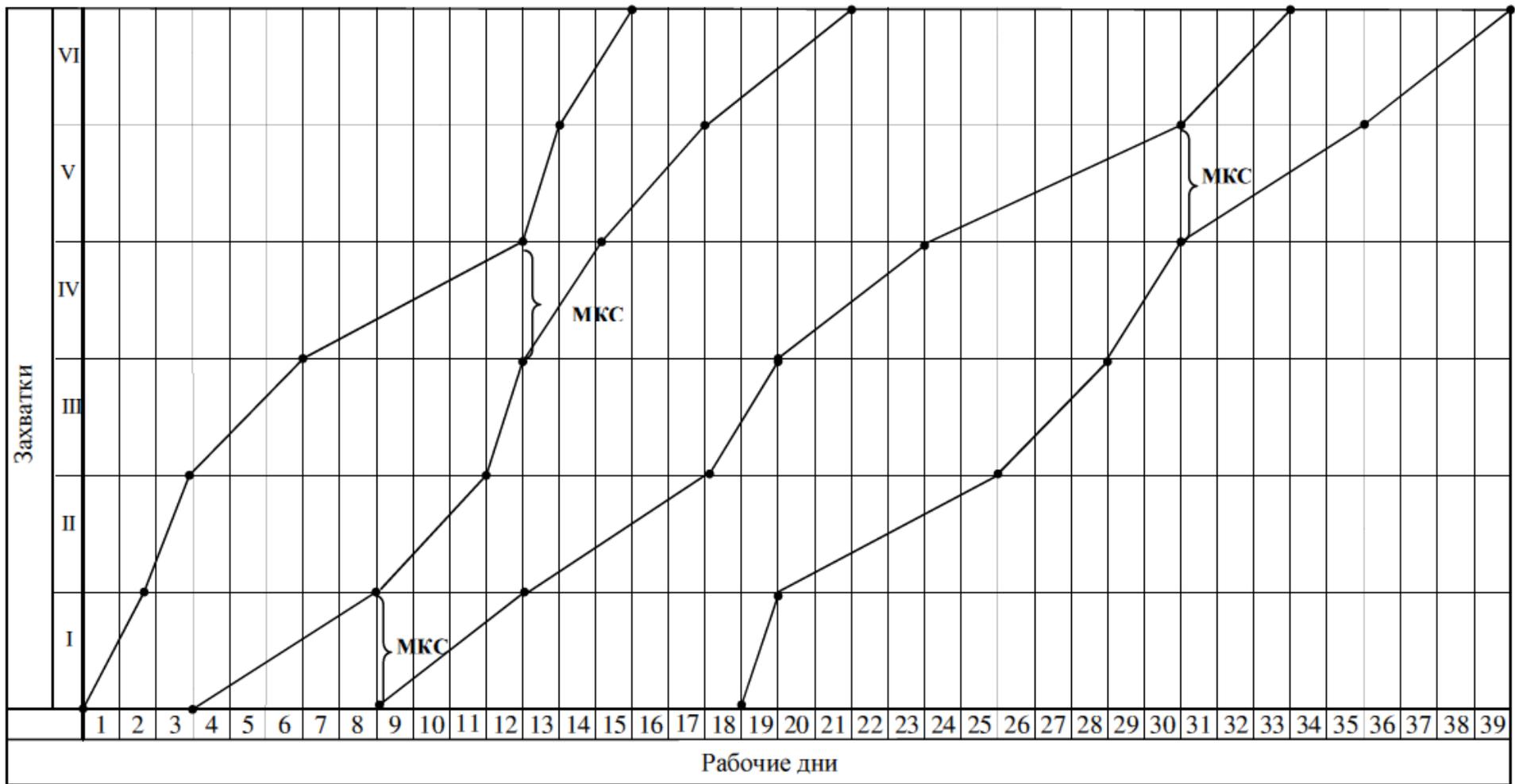


Рисунок 1 – Циклограмма объектного потока

8. Определяем очередность строительства объектов в потоке, при которой общая продолжительность строительства всех шести домов была бы минимальной.

Продолжительность потока зависит от общей трудоемкости работ, численного состава бригад, а в случае неритмичного потока и от очередности включения в работу захваток, на которых функционирует поток.

При организации неритмичных потоков поиск оптимальных вариантов включения в работу захваток осуществляется методом целенаправленного перебора очередности освоения частных фронтов. Этот метод может быть применен с учетом некоторых ограничений. При строительстве производственного комплекса очередность строительства объектов определяется прежде всего технологическими особенностями предприятия и задачами ускорения ввода в действие производственной мощности. Затем учитываются потребности строительной организации, нуждающейся в техническом обслуживании строительного производства с минимальными затратами на временные устройства (например, если строительство ведут не на свободных территориях, а в условиях сноса старых строений).

А в нашем случае подобных ограничений нет, поэтому может применить метод целенаправленного перебора очередности освоения частных фронтов. Для этого рассчитаем следующие показатели:

– суммарная продолжительность работ бригад на каждом фронте работ до ведущего частного потока ($\Sigma t_{\text{пред}}$)

– суммарная продолжительность работ бригад на каждом фронте работ после ведущего частного потока ($\Sigma t_{\text{посл}}$)

Ведущим является частный поток, продолжительность которого наибольшая.

Таким образом, принимаем 3 поток ведущим, так как его продолжительность наибольшая – 25 дней.

Составляем новую матрицу с учетом оптимальной очередности строительства.

В первую строку матрицы записываем номер захватки, на которой суммарная продолжительность работ, предшествующих ведущему потоку ($\Sigma t_{\text{пред}}$) минимальная.

Согласно расчетной матрице (таблица 1) имеем 3 объекта (II, III, V захватки) с минимальной продолжительностью предшествующих работ. Их записываем в первые 3

строки матрицы. В последнюю строку записываем номер захватки с наименьшим значением суммарной продолжительности работ после ведущего потока ($\Sigma t_{\text{посл}}$), т.е объект I. Затем заполняем оставшиеся строки таким образом, чтобы значения $\Sigma t_{\text{пред}}$ увеличивались.

Далее рассчитываем полученную матрицу.

Таблица 2 – Принятый вариант очередности строительства объектов

Захватки	Процессы (номера бригад)				Σt_j	$\Sigma t_{\text{инт}}$	$\frac{\Sigma t_{\text{пред}}}{\Sigma t_{\text{пос}}}$		
	А	Б	В	Г					
II –	1	X 3	–	5	–	6	15	1	$\frac{4}{6}$
III	3	X 1	X 1	X 2	X 3		9	9	$\frac{4}{3}$
V	1	X 3	X 7	–	5		16	4	$\frac{4}{5}$
VI	2	X 4	X 3	X 4			13	10	$\frac{6}{4}$
IV	6	–	2	X 4	X 2		14	9	$\frac{8}{2}$
I	2	–	5	X 4	–	1	12	6	$\frac{7}{1}$
Σt_i	15	18	25	21	79				
$\Sigma t_{\text{инт}}$		5	26	8		39			

Как видно из расчетов продолжительность строительства сократилась на 8 дней, или на 20%. Это произошло за счет сокращения организационных перерывов.

Определим коэффициент плотности графика потока (Кпл):

$$K_{\text{пл}} = 79 / (79 + 39) = 0,669$$

Определим коэффициент совмещения работ (Кс):

$$K_{\text{с}} = (79 - 31) / 79 = 0,608$$

Согласно матрице (таблица 1) коэффициент плотности графика равен 0,564, а коэффициент совмещения работ равен 0,506. Таким образом для потока рассчитанного на новой матрице (таблица 2) значения этих показателей выше. Это свидетельствует о большем совмещении работ на захватках, при этом перерывы на захватках сократились с 61 до 39 дней.

9. Строим новую циклограмму объектных потоков (рисунок 2) с учетом новой матрицы

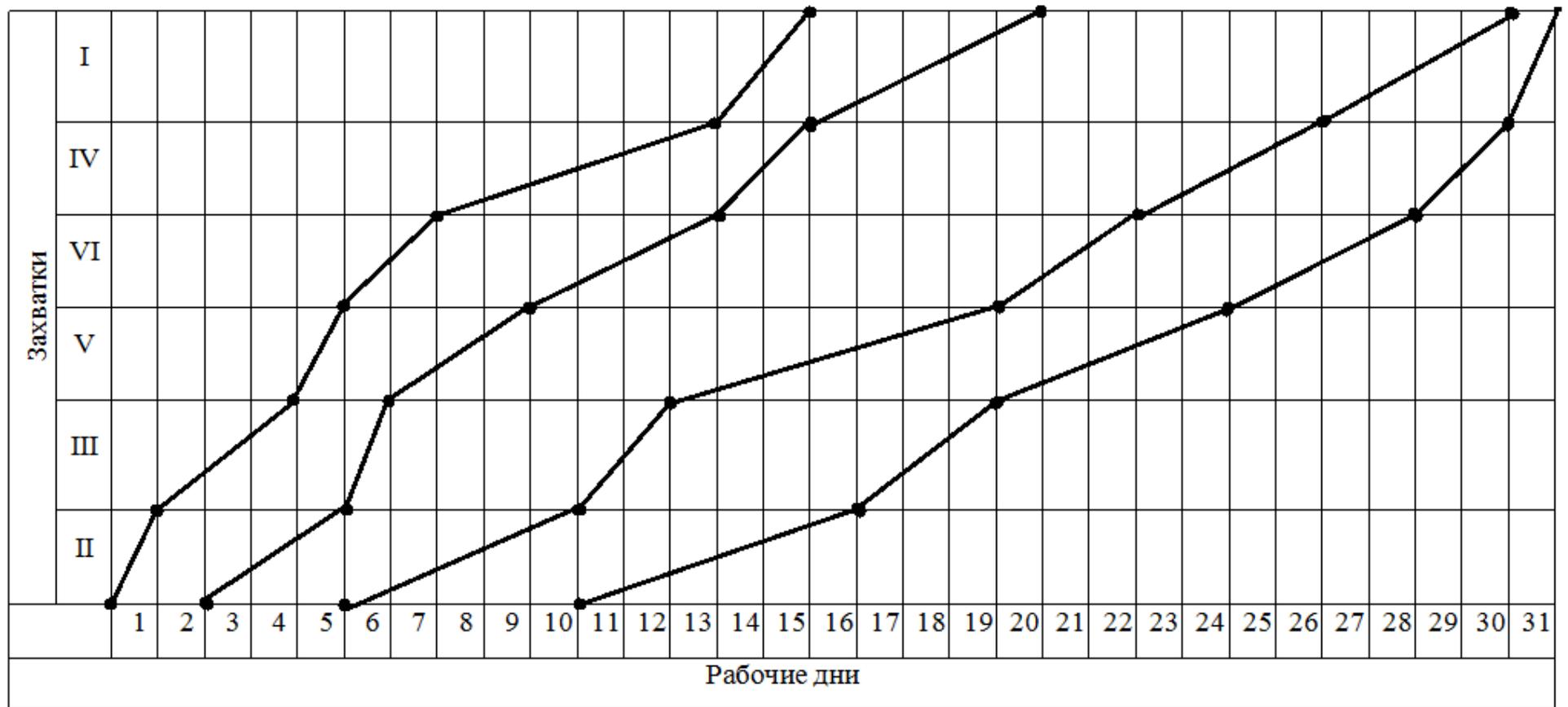


Рисунок 2 – Циклограмма объектного потока с учетом новой матрицы

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Цель работы: освоить технику построения сетевых моделей.

Теоретические сведения:

Сетевое планирование – метод управления, основанный на использовании математического аппарата теории графов и системного подхода для отображения и алгоритмизации комплексов взаимосвязанных работ, действий или мероприятий для достижения поставленной цели.

Сетевая модель должна отражать организационно-технологическую последовательность возведения зданий и удовлетворять требованиям технологии строительного производства.

На сетевых моделях схематически отображается последовательность выполнения строительных процессов и их взаимосвязь. В роли основных элементов сетевых графиков выступают: работа, событие, ожидание, зависимость (фиктивная работа), путь.

Работа – производственный процесс. На сетевых моделях изображается сплошной стрелкой с надписью над ней названия работы, а под ней – продолжительности выполнения работы. Иногда указывается дополнительная информация – номер захватки или яруса, на котором выполняется процесс, количество занятых рабочих.

Событие – факт начала или завершения одной или нескольких работ. Изображают кружочком с порядковым номером события внутри. Номера начального и завершающего событий работы, записанные через тире, являются шифром (кодом) данной работы. Все работы, входящие в данное событие, называются предшествующими работами, выходящие – последующими.

Ожидание – работа, не требующая затрат ресурсов, кроме времени. Примером работы-ожидания выступают технологические или организационные перерывы. Обозначается сплошной стрелкой.

Зависимость (фиктивная работа) – понятие, необходимое для отображения взаимосвязи между производственными процессами, не требует затрат ресурсов, продолжительность фиктивной работы равна нулю. На сетевом графике обозначается пунктирной стрелкой.

Путь – непрерывная последовательность работ от исходного до завершающего события сетевого графика. Путь, имеющий наибольшую продолжительность по времени, называется **критическим путем**, на сетевой модели обычно изображается двойной линией. Критические работы определяют общую продолжительность строительства или выполнения работ, поэтому в процессе управления ходом строительного производства им уделяется максимальное внимание, так как эти работы не имеют резервов времени для их

выполнения.

При её построении руководствуются следующими правилами:

1. При построении сетевого графика: рекомендуется направлять стрелки слева направо и изображать их по возможности горизонтальными линиями без лишних пересечений.

Для правильного отображения взаимосвязи между работами сетевого графика при его построении необходимо соблюдать ряд правил.

Первое правило. Если работы А, Б и В выполняются последовательно, то на сетевом графике изображаются по горизонтали одна за другой (рисунок 1).

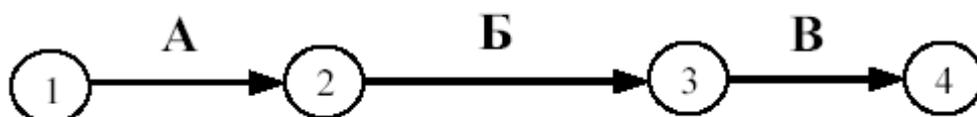


Рисунок 1

Второе правило. Если результат работы А необходим для выполнения работ Б и В, то на сетевом графике это отображается следующим образом (рисунок 2).

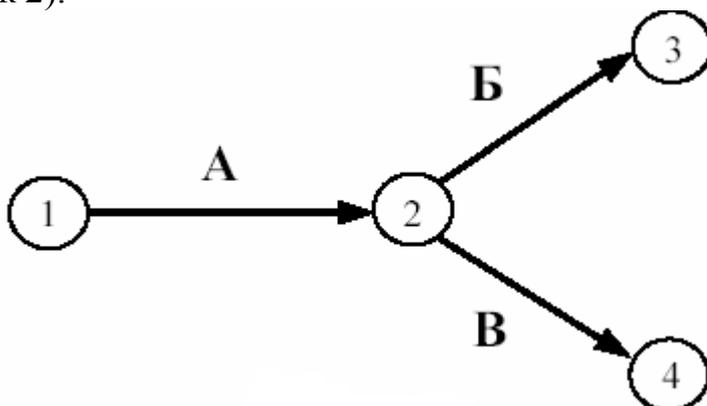


Рисунок 2

Третье правило. Если результат работ Г и Д необходим для выполнения работы Е, то на сетевом графике это изображается так (рисунок 3).

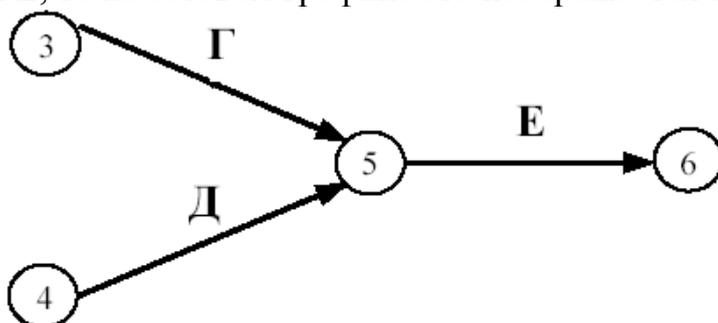


Рисунок 3

Четвертое правило. Работы сетевого графика не должны иметь

одинакового кода. Если работы Б, В, Г выходят из одного события и выполнение необходимо для свершения одного и того же события, то вводятся дополнительные фиктивные работы (рисунок 4).

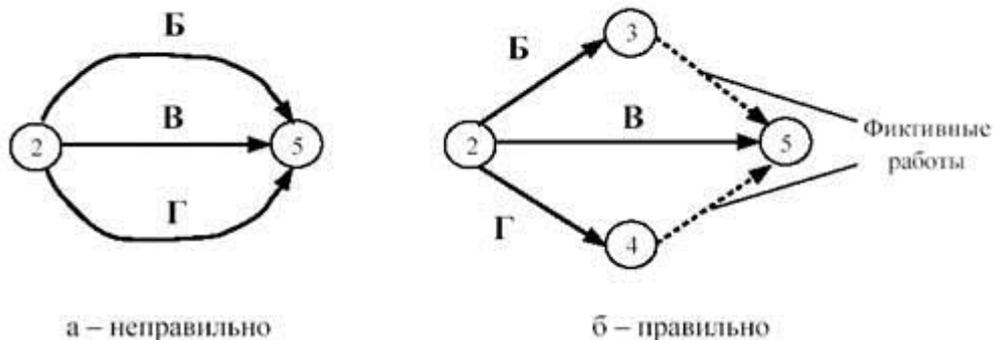


Рисунок 4

Пятое правило. Если работы Б, В и Г начинаются после частичного выполнения работы А, то работа А разбивается на части А1, А2 ... Аi и т.д., при этом каждая работа А в сетевом графике считается самостоятельной работой (рисунок 5).

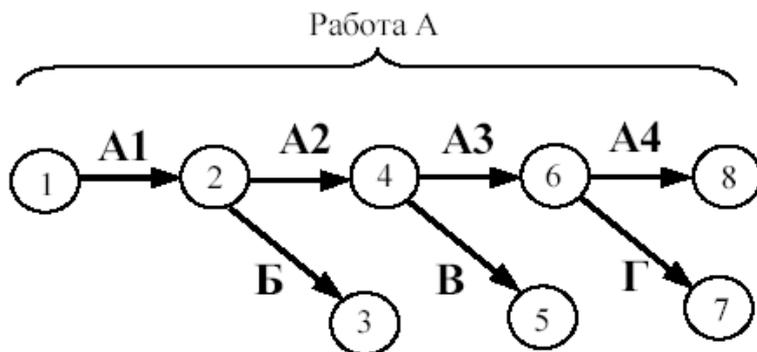


Рисунок 5

Шестое правило. В сетевом графике не должно быть замкнутых контуров (циклов), "тупиков" или "хвостов". Такая ситуация чаще возникает в больших и сложных сетях, которые разрабатываются несколькими исполнителями. При обнаружении подобной ошибки сетевой графика, после выяснения ее причины, необходимо исправить.

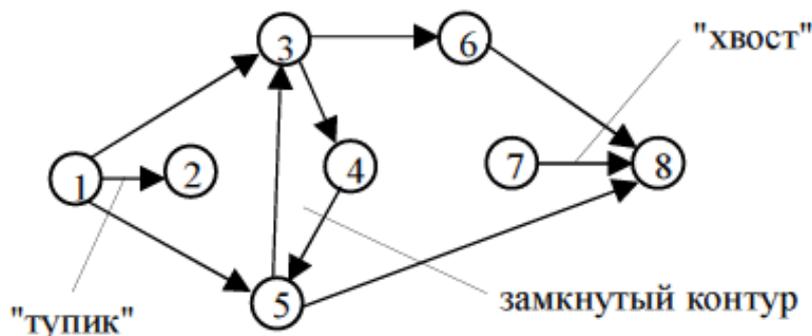


Рисунок 6 – Недопустимые изображения на сетевой модели

Седьмое правило. События следует кодировать так, чтобы номер начального события данной работы был меньше номера конечного события этой работы (рисунок 7).

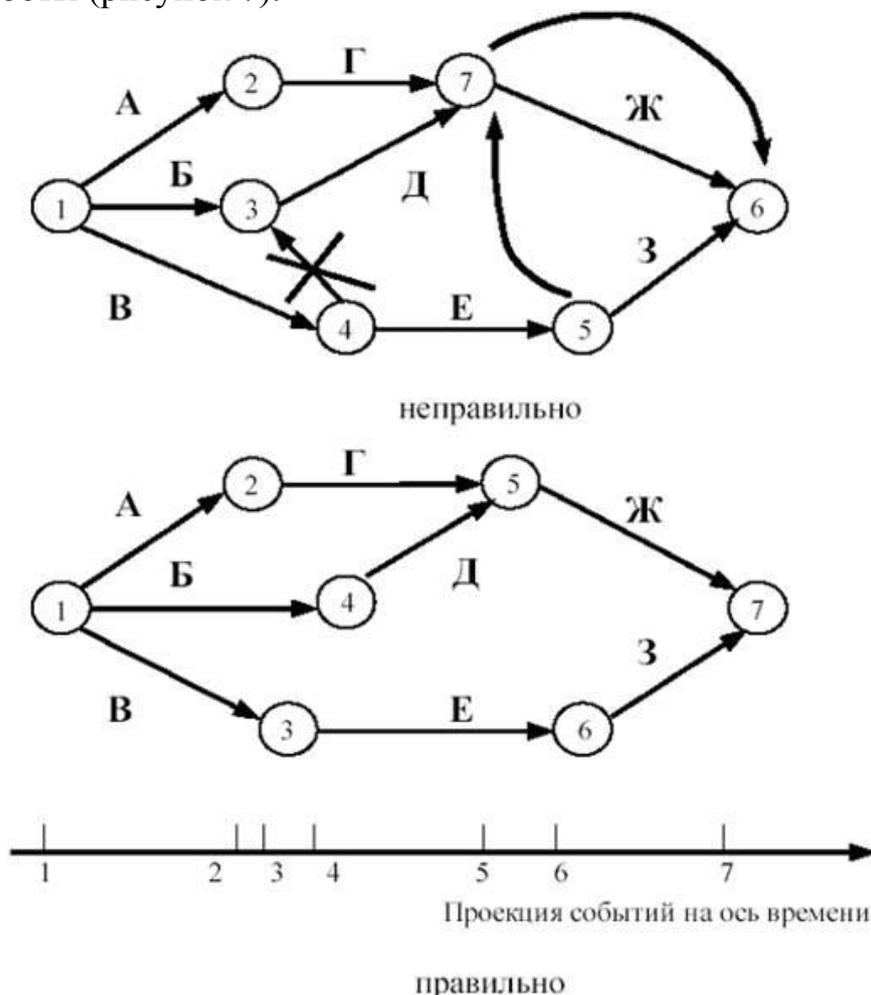


Рисунок 7

Если для начала работы необходимо лишь частичное выполнение предшествующей работы, то она разделяется на соответствующие части со своими событиями их завершения, т.е. фактически разбивается на несколько работ.

Если на объекте организуется поточный процесс производства работ, то на сетевой модели он отражается в соответствии с принятой разбивкой фронта работ на захваты. При этом на каждой горизонтальной линии модели могут описываться либо все строительные процессы, происходящие на одной захватке ("горизонталь-захватка"), либо отдельный технологический процесс, выполняемый на всех захватках данного объекта ("горизонталь-процесс"). Если сетевая модель разрабатывается по схеме "горизонталь-захватка", она развивается преимущественно в горизонтальном направлении, что удобно с позиции графической компоновки чертежа. Для многоэтажных зданий, предусматривающих деление фронта работ на многочисленные ярусы, можно рекомендовать схему "горизонталь-процесс".

Если при разработке сетевых моделей предусматриваются три или более захваток, возникает проблема ложных технологических зависимостей (рисунок 8).

Топология данной сетевой модели является ошибочной, так как, например, работа по устройству фундаментов на III захватке (работа 5–7) технологически не зависит от монтажа каркаса на I захватке (работа 3–4) с учётом того, что для производства монтажных работ нулевого цикла и надземной части используются разные грузоподъёмные механизмы. Аналогичная ситуация наблюдается и для работы 7–8, которая технологически зависит лишь от наличия фронта работ по захватке (должна быть закончена работа 5–7) и от загруженности бригады монтажников (необходимо завершение работы 5–6). Между тем на модели прослеживается зависимость начала работы 7–8 от окончания работы 4–6 (кровельные работы на I захватке), что технологически ошибочно.

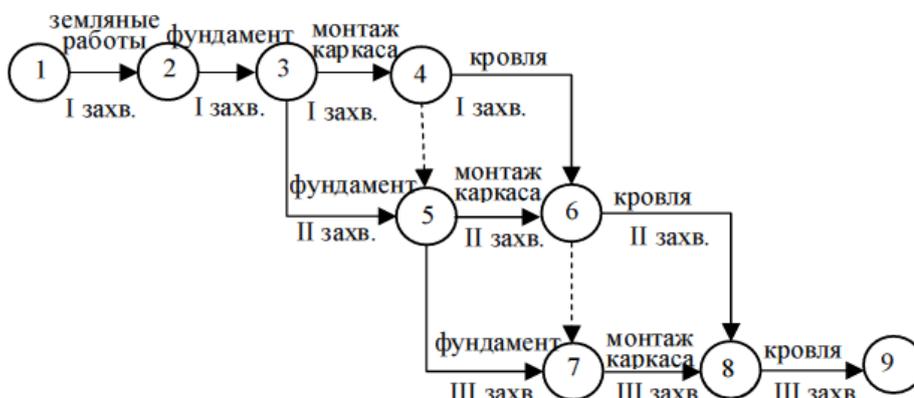


Рисунок 8

Для разрешения данного противоречия необходимо по всем захваткам, кроме первой и последней (в данном случае по второй), ввести чередование строительных процессов и фиктивных работ, для чего необходимо введение дополнительных событий (рисунок 9).

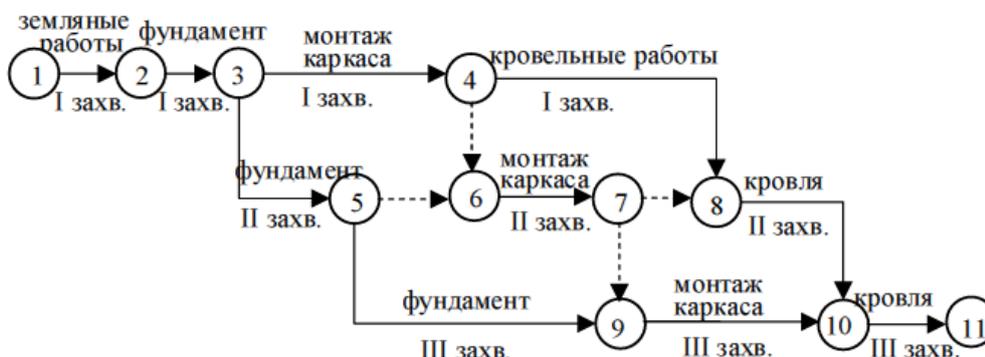


Рисунок 9

Задание

1. Согласно исходных данных построить сетевую модель поточного производства работ возведения одноэтажного промышленного здания, при этом

здание делится на захваты.

2. Пронумеровать события, нанести на модель названия работ, их продолжительность, номер захватки, на котором выполняется строительный процесс.

Исходные данные

№ ва р- та	Кол -во захв аток	Продолжительность выполнения работ на захватке (дн.)						
		Земл. работы	Устр-во фунд-та	Возв-ние каркаса здания	Кровель ные работы	Санит.- техн. работы	Эл- техн. работы	Отде лочные работы
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	11	9	15	10	8	7	16
2	4	13	11	16	11	9	10	14
3	4	15	9	12	13	8	8	18
4	3	12	11	13	15	9	10	15
5	4	13	9	17	12	8	9	17
6	4	15	11	16	9	9	7	16
7	3	14	9	13	14	8	9	14
8	4	12	11	14	10	9	7	18
9	4	13	9	16	11	8	10	15
10	3	14	11	15	13	9	8	17
11	4	10	9	16	15	8	10	16
12	4	10	11	15	12	9	9	14
13	3	13	9	16	9	8	7	18
14	3	15	11	18	14	9	9	15
15	4	14	9	15	10	8	7	17
16	4	14	11	12	11	9	10	16
17	3	15	9	16	13	8	8	14
18	4	9	11	12	15	9	10	18
19	4	10	9	13	12	8	9	15
20	3	14	11	17	9	9	7	17
21	3	9	9	16	14	8	9	16
22	4	12	11	18	10	9	7	14
23	4	14	9	14	11	8	10	18
24	3	12	11	16	13	9	8	15
25	3	9	9	15	15	8	10	17

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

РАСЧЕТ СЕТЕВОГО ГРАФИКА ТАБЛИЧНЫМ МЕТОДОМ

Задание

В ходе выполнения работы необходимо:

1. Построить безмасштабный график
2. Произвести кодирование сетевой модели
3. Рассчитать временные параметры построенного сетевого графика табличным способом
4. Указать критический путь
5. Построить календарную линейку и определить даты начала работ и занести их в таблицу расчета сетевого графика
6. Построить сетевую модель с привязкой работ к шкале времени и выделить на ней частные резервы времени
7. Построить график изменения численности рабочих
8. Выполнить оценку эффективности сетевого графика, рассчитав следующие показатели: коэффициент совмещения процессов и коэффициент равномерности движения рабочих.

Исходные данные

№ вар-та	Дата начала строительства	Коды работ												
		1-2	1-3	1-4	2-3	2-5	2-6	3-4	3-5	4-5	4-7	5-6	5-7	6-7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5 сентября	2	8	9	10	7	6	0	4	11	10	3	13	5
2	11 октября	7	4	2	11	8	3	0	6	9	14	13	4	6
3	1 ноября	5	6	3	8	4	2	3	6	7	8	9	4	5
4	6 сентября	5	7	2	4	3	10	0	7	7	9	4	3	3
5	21 ноября	7	3	11	11	8	9	0	7	15	5	4	6	7
6	5 декабря	14	3	2	6	7	10	0	14	17	8	9	3	10
7	11 января	13	4	12	7	3	5	0	9	8	7	6	5	4
8	9 февраля	6	4	2	7	3	10	0	6	4	9	4	3	2
9	1 марта	4	2	6	5	8	4	0	6	9	1	4	3	5
10	28 сентября	10	3	5	7	9	11	0	2	4	6	8	9	10
11	19 апреля	9	7	5	0	4	2	6	7	5	7	5	4	5
12	15 февраля	6	3	4	0	2	4	3	8	5	7	2	2	10
13	26 апреля	2	7	5	0	6	2	8	1	9	7	2	4	4
14	2 ноября	3	8	4	0	9	5	6	7	7	6	5	4	4
15	10 октября	2	10	8	0	7	8	6	5	4	3	7	6	6
16	13 июня	5	13	3	0	10	11	4	6	7	9	8	2	4
17	26 сентября	6	4	13	0	9	6	3	8	2	4	7	6	7
18	25 апреля	4	2	1	0	3	6	3	6	10	2	10	11	9
19	19 декабря	3	2	2	0	4	6	5	4	2	5	3	7	8
20	18 марта	7	8	9	0	5	4	3	2	10	4	6	5	2
21	16 мая	5	7	10	10	4	3	2	6	0	7	3	4	3
22	11 июля	2	6	7	5	4	9	5	5	0	4	2	4	6
23	14 февраля	3	8	6	10	6	8	9	7	0	3	3	4	5
24	7 июня	2	5	10	7	9	8	7	10	0	5	2	3	6
25	29 августа	5	4	3	4	5	6	5	7	0	12	2	9	7
Трудоемкость, чел-дн.		40	45	26	22	50	60	27	30	35	36	26	30	25

Пример

Исходные данные

Код работы	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
Продолжительность работы, дн.	1	10	2	7	8	4	8	10	0	8	5	2	6
Трудоемкость работы, чел-дн.	3	90	6	42	40	24	88	80	0	96	30	6	60

1. По заданным кодам работ строим безмасштабный сетевой график (рис 1)

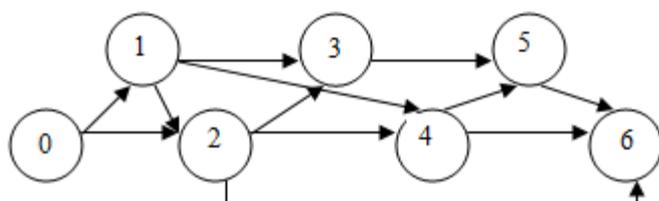


Рисунок 1 – Безмасштабный сетевой график

2. Расчет временных параметров сетевого графика

При расчете сетевого графика табличным методом события кодируются строго в порядке возрастания. Сначала заполняются первые три графы таблицы. В них заносятся исходные данные по каждой работе: шифр рассматриваемой работы, ее продолжительность и номера начальных событий предшествующих работ. Эти данные берутся из сетевого графика.

Расчет ранних параметров работ (заполняется построчно для каждой работы графы 4 и 5) **ведется от исходных работ до завершающих**. Ранние сроки начала и окончания работ определяются совместно, движением сверху вниз.

Раннее начало работ, выходящих из первого события, равно нулю (работы 0-1 и 0-2)

Для всех работ, выходящих из одного события, раннее начало будет

одинаково и принимается равным максимальному окончанию из всех входящих в данное событие работ.

$$t_{i-j}^{PH} = \max t_{h-i}^{PO}$$

Таблица 2 – Расчет сетевого графика

Номер начальных событий предшествующих работ	Коды работ	Продолжительность работ	Сроки работ				Резервы времени работ		Дата раннего начала работ
			ранние		поздние		общие	частные	
			начала работ	окончания работ	начала работ	окончания работ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	0-1	1	0	1	7	8	7	0	1.09.2005
-	0-2	10	0	10	0	10	<u>0</u>	<u>0</u>	1.09.2005
0	1-2	2	1	3	8	10	7	7	2.09.2005
0	1-3	7	1	8	8	15	7	6	2.09.2005
0	1-4	8	1	9	10	18	9	9	2.09.2005
0;1	2-3	4	10	14	11	15	1	0	15.09.2005
0;1	2-4	8	10	18	10	18	<u>0</u>	<u>0</u>	15.09.2005
0;1	2-6	10	10	20	19	29	9	9	15.09.2005
1;2	3-4	0	14	14	18	18	4	4	21.09.2005
1;2	3-5	8	14	22	15	23	1	1	21.09.2005
1;2;3	4-5	5	18	23	18	23	<u>0</u>	<u>0</u>	27.09.2005
1;2;3	4-6	2	18	20	27	29	9	9	27.09.2005
3;4	5-6	6	23	29	23	29	<u>0</u>	<u>0</u>	4.10.2005

Раннее окончание работы равно сумме ее раннего начала плюс продолжительность данной работы (т.е. данные графы 4 плюс данные графы 3 заносятся в графу 5)

$$t_{i-j}^{PO} = t_{i-j}^{PH} + t_{h-i}$$

Например, раннее окончание работы 0–2 равно 10.

Работы 2–3, 2–4, 2–6 и 3–4, 3–5, а также 5–6 имеют по две предшествующие работы (гр1). Так как ранние характеристики работ 0–2 и 1–2 рассчитаны, остается только сравнить их величины (ранние окончания работ равны соответственно 10 и 3). Больше из этих чисел 10 переносим в гр 4 строки работ 2–3, 2–4 и 2–6, после чего определяется ранние окончания этих работ: 10+4=14, 10+8=18, 10+10=20.

Аналогично ведется расчет ранних сроков по остальным работам до завершающего события.

Для последнего события раннее и позднее окончания будут равны $t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{no}$.

Максимальным значением из ранних окончаний завершающих работ определяют продолжительность критического пути:

$$t_{кр} = \max t_{i-z}^{po}$$

где $i-z$ – завершающие работы.

Поздние сроки начала и окончания работ рассчитываются также совместно, но снизу вверх и построчно для каждой работы заполняются графы 7 и 6.

Для всех завершающих работ графика позднее окончание равно величине продолжительности критического пути:

$$t_{i-z}^{no} = t_{кр} = \max t_{i-z}^{po}$$

Позднее начало завершающей работы равно разности между продолжительностью критического пути и продолжительностью данной работы:

Так, для завершающей работы 5–6, как и для других работ, оканчивающихся завершающим событием сети (событие 6), позднее окончание работ равно наибольшей величине из всех ранних окончаний работ, т.е. работы 5–6. Это число записывают в гр 7 работ 5–6, 4–6 и 2–6. Из графы 7 вычитают продолжительность работы и получают позднее начало работы 5–6, равное $29-6=23$, для работы 2–6, равное $29-10=19$.

Позднее окончание всех остальных работ равно наименьшему из поздних начал последующих(у последнего события, начало только одно, а позднее окончание всегда равно критическому пути):

$$t_{i-j}^{no} = \min t_{j-k}^{mn}$$

где j-k – последующие работы.

Позднее начало работ равно разности между величинами ее позднего окончания и продолжительностью:

$$t_{i-j}^{mn} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}$$

Работы 3–4, 2–4 и 1–4 имеют конечное событие 4, таким событием начинаются работы 4–5 и 4–6, их поздние начала 18 и 27, выбираем наименьшее из поздних начал. Это число записывают в гр 6 поздние начала работ 1–4, 2–4 и 3–4.

В этом же порядке продолжают расчет снизу вверх. Позднее начало исходной работы должно быть равно нулю.

Общий резерв времени работы определяется как разность между одноименными поздними и ранними параметрами этой работы:

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{mn} - t_{i-j}^{pn}$$

Т.е. общий запас времени рассчитывается путем вычитания значений гр4 из гр 6 или как разность между значениями гр 7 и гр 5. Так для работы 0–1 общий резерв $R_{0-1} = 7$ ($7-0=7$) или ($8-1=7$): для работы 2–3 $R_{2-3} = 1$ ($11-10=1$) или ($15-14=1$) и т.д. до конца.

Частный резерв времени работы определяется как разность между ранним началом последующей работы и ранним окончанием данной работы.

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{pn} - t_{i-j}^{po}$$

Работы не имеющие общего резерва, естественно, не имеют и частного резерва, поэтому в гр 9 ставят 0 всюду, где 0 имеется в гр 8. Первой работой, имеющей резерв, будет работа 0–1. Для определения раннего начала

последующей работы надо найти в гр 2 любую работу, начинающуюся с последней цифры кода нашей работы, т.е с цифры 1. Такими будут работы 1–2, 1–3, 1–4, имеющие по гр 4 одинаковые ранние начала равные 1. Раннее окончание работы 0–1 по гр 5 равно 1, значит частный резерв работы 0–1 равен $r_{0-1} = t_{1-2}^{pn} - t_{0-1}^{po} = 1-1=0$.

3. Отмечаем на графике и в таблице подчеркиванием, работы, лежащие на критическом пути.

Критический путь при табличном методе расчета лежит на работах, общий резерв времени которых равен 0. К таким работам относятся все, имеющие 0 в гр 8.

По окончании расчета сетевого графика необходимо проверить его правильность. Если расчет выполнен правильно, то:

- ранние параметры работ должны быть меньше или равны соответствующим поздним параметрам;
- критический путь должен представлять собой непрерывную последовательность работ от исходного события до завершающего;
- общие резервы работ критического пути всегда равны нулю;
- частные резервы множества работ не больше общих.

4. Определяем даты начала работ.

Определение даты начала работ осуществляется с помощью линейки.

Рассмотрим линейку. Для этого вычерчиваются четыре сроки. В первой указывается год, во второй месяц, в третьей даты рабочих дней по календарю (за вычетом субботних, воскресных и праздничных дней), в четвертой – порядковые номера, начиная с нуля. За начало строительства может быть принята любая дата, от которой и ведется исчисление календарного времени.

В примере принята дата 1 сентября 2005г.

Чтобы определить дату раннего срока начала работы 0-1, необходимо в строке 4 (порядковые номера) линейки найти цифру, равную раннему сроку начала этой работы (графа 4 табл.6). В нашем примере эта цифра 0. Против

цифры 0 читаем по линейке (третья строка) дату раннего начала работы 0-1 – 1 сентября 2005г. Для работы 2-3 – дата 15 сентября (по порядковому номеру 10) и т.д.

Таблица 3 – Форма календарной линейки

Год	2005																																		
Месяц	сентябрь																														октябрь				
Дата рабочих дней	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	17	18	19
Порядковый номер	0	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	31	32	33	34

Затем безмасштабный сетевой график переводят на масштаб. Такая «переходная» форма графика способствует более внимательному анализу взаимозависимости работ.

Для привязки сетевого графика к календарю строится шкала времени, состоящая из двух полос. В верхней полосе проставляется рабочее время, согласно расчету от 0 до Ткр. В нижней полосе календарное время. Сетевой график привязывают к шкале времени по ранним началам. Стрелки графика могут быть горизонтальные, наклонные и ломанные, но во всех случаях их проекция на шкалу времени должна соответствовать заданной продолжительности этих работ. Частные резервы показываются пунктиром и их величина определяется по шкале времени. Сетевой график представлен на рисунке 2

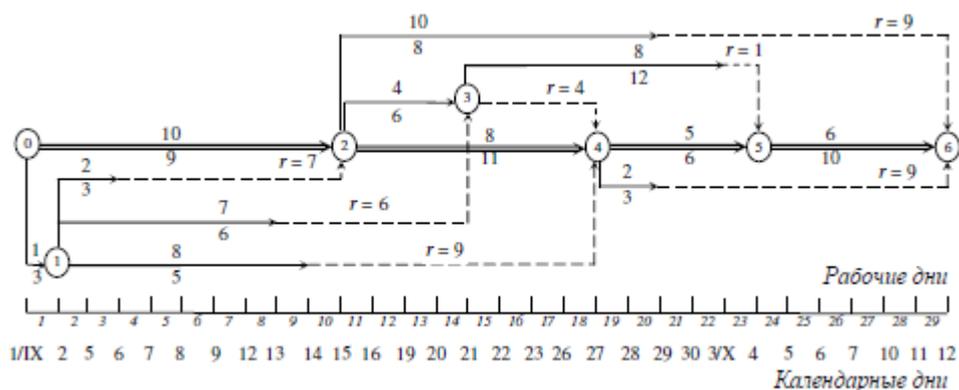


Рисунок 2– Сетевой график в масштабе времени

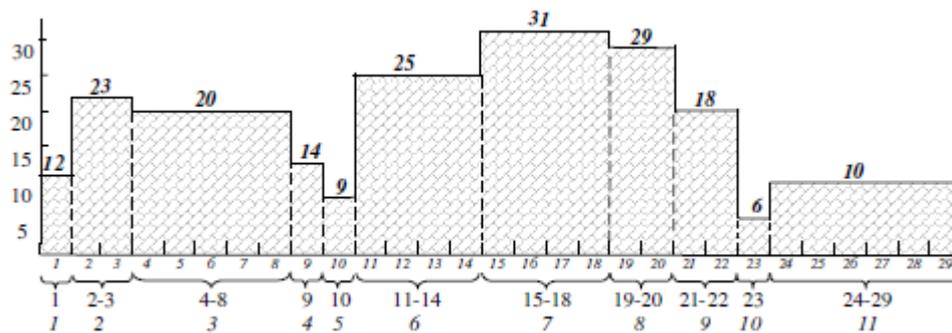


Рисунок 3 – Графическое изображение эпюры ресурса

Двойной линией обозначены критические работы. Над стрелкой указана продолжительность работы, а под стрелкой – число рабочих.

4. Строим график изменения численности рабочих.

Сначала сетевой график разбивают на интервалы времени, в которых одновременно и не прерываясь выполняется та или иная группа работ:

1-й интервал – 1 дн, в этот период начинается и заканчивается работа 0-1, начинается работа 0-2

2-й интервал – 2дн., продолжается работа 0-2 и начинаются работы 1-3 и 1-4, начинается и заканчивается работа 1-2 и т.д. (рис.3)

После того как установлены все временные интервалы проекта, в каждом интервале суммируются интенсивности ресурсов по всем его работам. Так, для первого интервала суммарную интенсивность ресурсов определяют суммой интенсивностей работ 0-1 и 0-2, т.е. $3+9=12$. так же определяют суммарную интенсивность ресурсов работ в других интервалах проекта. Следует учесть, что количество рабочих суммируют только за период действительных работ.

Результаты суммируют по вертикальной оси в соответствующем масштабе и показывают количество рабочих в каждом интервале.

Площадь суммарной эпюры определяет общую трудоемкость выполнения работ проекта; наиболее высокий участок эпюры – предельное количество ресурсов, необходимое для выполнения работ за весь период проекта, наиболее низкий – минимальное количество. В данном графике максимальная потребность (R_{max}) составляет 31 рабочих и приходится на 15-18дн. Работы (7-й интервал), а минимальная - 6 рабочих на 23 дн. (10-й интервал).

Затем рассчитывается среднее число рабочих за весь период строительства (R_{cp}) как отношение суммарной трудоемкости всех работ к продолжительности ведения всех работ, т.е. величине критического пути. На основе данных показателей рассчитывается коэффициент неравномерности изменения численности рабочих, который должен быть не более 1,5:

$$K = \frac{R_{max}}{R_{cp}}$$

В примере $R_{cp} = 574/29 = 20$ чел, тогда $K = 31/20 = 1,55 > 1,5$. Поэтому данный график движения рабочей силы следует оптимизировать путем замедления некоторых процессов и уменьшения количества рабочих, но при неизменной трудоемкости, что дает возможность уменьшить R_{max} , а следовательно и уменьшить коэффициент неравномерности движения трудовых ресурсов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

РАСЧЕТ СЕТЕВОГО ГРАФИКА СЕКТОРНЫМ МЕТОДОМ

Задание

Составить и рассчитать параметры сетевой модели на возведение зданий:

1. Построить сетевую модель
2. Проверить правильность отображения последовательности и зависимостей работ, выполнить кодирование событий цифровым кодом
3. Рассчитать временные параметры заданного сетевого графика секторным способом, определить критический путь, его продолжительность, показать резервы времени
4. Построить ленточную диаграмму по ранним началам, показать критические и не критические работы, частные резервы времени.
5. Построить эпюру движения рабочих к исходному сетевому графику.
6. В пределах расчетного срока выполнить корректировку сетевого графика по трудовым ресурсам, добиваясь за счет использования частных резервов времени более равномерного изменения числа рабочих.

Исходные данные

Исходные данные представлены в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные

№ вар-та	Показатели	Рассматриваемая работа													
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	И	К	Л	М	Н	Р	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Предшествующая работа	–	–	Б	Б	А	Г,Д	Г	В	И	Ж,И	Е	Л,Р	К	К
	Продолжительность работы	1	5	5	7	5	7	9	6	2	5	4	4	3	3
	Количество рабочих	20	30	30	40	20	20	40	30	30	40	20	20	15	30
2	Предшествующая работа	–	–	Б	В	Б	В	А	Ж,Д	Г,Д, Ж	Е	К,Е	И	М,Н	Л
	Продолжительность работы	5	7	6	4	2	7	4	2	5	3	7	3	6	4
	Количество рабочих	11	13	13	13	16	14	11	11	13	14	13	11	11	14
3	Предшествующая работа	–	–	Б	Б	А,Б	Г,Д	Г,Б	В	И	Ж,И	Е	Л,Р	К	К
	Продолжительность работы	1	5	5	7	5	7	9	6	2	5	4	4	3	3
	Количество рабочих	13	18	17	18	13	13	18	17	17	18	13	13	17	17
4	Предшествующая работа	–	А	Б,Р	–	Г	Д	Е	Ж,Н, К,Д	Г	Н,К, Д	В,Н, К,Д	Е	К,Д	Л,М
	Продолжительность работы	–	2	5	4	6	5	3	8	2	3	7	2	3	4
	Количество рабочих	14	14	14	24	24	24	24	24	35	35	14	25	45	14
5	Предшествующая работа	–	–	Б	Б	Б	А	А	Ж	Г,В,Е	Г,В,Е	Д,Л, К	Л,Д	Н	М,И, К
	Продолжительность работы	2	3	2	5	5	7	2	8	7	3	4	2	9	6
	Количество рабочих	11	15	15	20	7	7	11	11	15	20	15	20	20	11

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	Предшествующая работа	–	А	Б,А,Е	–	Г	Г	С	С	Г	С	Л,Ж, В	Д	К,Н	К,Н
	Продолжительность работы	2	5	4	6	5	5	3	8	2	3	4	2	3	4
	Количество рабочих	25	25	25	20	20	20	30	30	30	20	25	25	35	35
7	Предшествующая работа	–	–	А	В,К	Б	Д	Е	Ж	Б	А,К	Л,Р	Г	Е	М,Ж
	Продолжительность работы	5	7	7	4	5	4	6	3	8	9	3	4	5	5
	Количество рабочих	15	10	15	15	10	10	10	10	25	25	25	15	20	15
8	Предшествующая работа	–	–	Б	В	Г	В	А,Б	Ж,Д	Г	Е	К,Е	И,К, Е	М,Н	Л
	Продолжительность работы	4	7	6	4	3	7	4	2	5	3	7	3	6	4
	Количество рабочих	15	10	10	10	20	20	15	15	10	20	10	15	15	20
9	Предшествующая работа	–	–	–	Б,В,Н	В	А	Е	Д	Г,Л	Д	Г,Л	А	И	Ж,М, К
	Продолжительность работы	5	3	6	7	4	9	2	7	2	2	4	3	5	3
	Количество рабочих	16	16	16	19	19	19	19	19	21	21	21	7	16	16
10	Предшествующая работа	–	А,М	Р,Б	Н	Н,Г	С,Д	Н	Ж	В	И	–	М	Г,Н	М
	Продолжительность работы	2	7	6	9	3	4	7	2	5	5	3	5	2	3
	Количество рабочих	20	20	20	25	25	25	30	30	20	30	25	10	10	10

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11	Предшествующая работа	–	–	–	В	А	Д	Б	Г	–	И	Г	И	Ж,Е, М,И	Л
	Продолжительность работы	3	4	5	7	9	6	5	3	–	2	4	3	5	4
	Количество рабочих	20	30	25	25	20	20	30	25	–	25	30	30	20	30
12	Предшествующая работа	–	А	–	Е,Б	–	Д	Д	Ж	Е,Ж	Е,Ж	И	К,Г	Д,С, Н	И
	Продолжительность работы	2	7	–	9	8	7	5	4	9	3	3	5	8	7
	Количество рабочих	50	50	–	50	40	40	40	40	30	30	30	50	50	20
13	Предшествующая работа	–	–	А	Б	В	Б	Г,И	Б	И	Ж	И	К	Н,Д, Е,Ж	Л,М, Р
	Продолжительность работы	4	6	7	5	1	9	4	5	6	1	3	5	8	7
	Количество рабочих	10	15	10	5	10	5	5	15	15	5	5	15	10	10
14	Предшествующая работа	–	–	А	Б	К,Л	Б	Б	В,Е,Г	Г	Ж	Л	К,Л	Н,С	М
	Продолжительность работы	4	5	6	2	1	3	9	5	7	8	3	2	1	2
	Количество рабочих	15	10	15	20	20	20	10	15	20	10	10	20	10	10
15	Предшествующая работа	–	–	Б	Б	В	Д,Н	Г,А	Р	Е,Л, И	М,Ж	А	Г,А	М	И
	Продолжительность работы	7	2	4	5	9	3	5	3	6	7	6	8	7	9
	Количество рабочих	10	20	10	15	15	15	15	10	15	10	10	20	10	10
16	Предшествующая работа	–	–	Б	Б	А,Б	Д	В,М	Г	М,В, И,Ж	Ж,И	Г	В,М	Н,Е	К
	Продолжительность работы	5	6	0	2	4	3	6	3	5	7	4	0	8	7
	Количество рабочих	20	15	0	10	10	10	15	15	15	20	20	0	25	25

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	Предшествующая работа	–	–	А,Б	Б	Б	Д	В,М	Г,Р,А, Б	Д	Е	Г,Р,А, Б	Ж,И	Д	Л
	Продолжительность работы	7	9	2	4	5	6	3	7	8	4	2	5	2	4
	Количество рабочих	20	10	20	15	10	10	20	15	15	10	15	20	15	10
18	Предшествующая работа	–	А	Н,Б	–	Г	Д	Е	Ж	Г	Д	Л,Е	К	Л,В,Е	М,Р, Ж
	Продолжительность работы	5	8	6	4	9	2	3	6	5	9	4	7	4	5
	Количество рабочих	20	20	20	25	25	25	25	25	15	15	10	10	20	20
19	Предшествующая работа	–	–	–	В	Г,Е	В	А	Е	Б,Ж	К	Б,Ж	И,М	Д	Н,К
	Продолжительность работы	9	6	5	1	6	2	5	4	2	3	7	7	8	9
	Количество рабочих	15	20	12	12	12	20	15	20	15	15	25	26	12	12
20	Предшествующая работа	–	–	–	В	А	Б,Д,Г	Б,Г	Г	Ж,М, Н	И	Г	И	Е,Ж	Л
	Продолжительность работы	3	4	5	7	9	6	5	3	0	2	4	3	5	4
	Количество рабочих	10	20	15	15	10	10	10	15	0	15	20	20	10	15
21	Предшествующая работа	–	А,Д	–	Б,Е	–	Д	Д	Ж	Е,Ж	Е,Ж	И	Г,К	Н,Д, С	И
	Продолжительность работы	2	7	–	9	8	7	5	4	9	3	3	5	8	7
	Количество рабочих	5	5	–	5	8	8	–	8	9	9	8	5	5	9
22	Предшествующая работа	–	–	А	В	Б	Д	Е	Ж	Б	А,К	Е,Л	Р,Г	Л,Е	М,Н
	Продолжительность работы	5	7	7	4	5	4	6	3	8	9	3	2	5	5
	Количество рабочих	25	20	30	30	15	15	15	15	20	25	25	30	12	30
23	Предшествующая работа	–	–	Б	В	А	Д	Д,Б	Д,Б	Д,Б	К,Г	И,Е	Ж	М,Н	И,Е,Л

	Продолжительность работы	2	6	5	4	8	7	8	3	7	6	6	5	4	5
	Количество рабочих	10	15	15	15	10	5	5	10	5	15	10	5	10	15
24	Предшествующая работа	–	А,М	Б,Р	М	Г,Н	Д,С	Н	Ж	В,Д, С	И	–	М	Г,Н	Ж
	Продолжительность работы	2	7	6	9	3	4	7	2	5	5	3	5	2	2
	Количество рабочих	10	10	10	20	20	25	15	15	15	10	15	15	25	25
25	Предшествующая работа	–	–	–	А	А	–	Б,Д	Б,Д	–	И	И	Г,М	Г,М	Ж,Л, Р
	Продолжительность работы	2	4	–	4	1	–	3	2	–	2	2	4	3	1
	Количество рабочих	20	50	–	10	20	–	40	40	–	20	30	45	5	50

Пример

Исходные данные для построения графика представлены в таблице 2

Таблица 2 – Исходные данные

Рассматриваемая работа	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
Предшествующая работа	–	–	А	Б	А,Б	Г,Д	В,Д	Б	Ж	Г,Д,З
Продолжительность работы	7	8	5	10	7	12	3	3	4	8
Количество рабочих	10	20	10	12	8	10	8	20	35	12

1. Строим секторную сетевую модель и проставляем номера событий

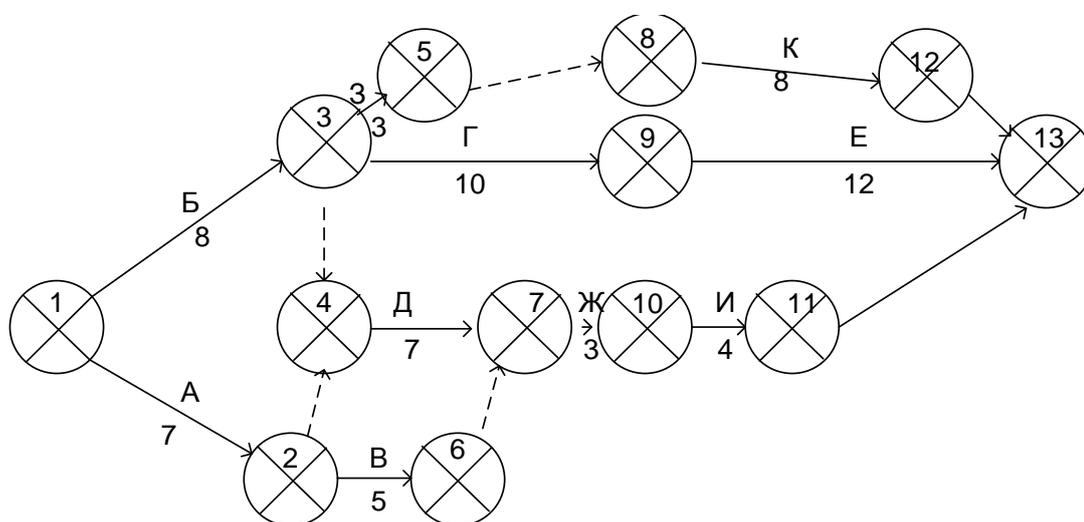


Рисунок 1 – Сетевая модель

2. Рассчитываем параметры сетевого графика секторным методом.

При расчете сетевых графиков секторным методом все исходные данные и результаты расчетов записывают непосредственно на графике.

Для этого каждое событие делится на четыре сектора: в каждый сектор записывают строго определенную информацию (рисунок 2)

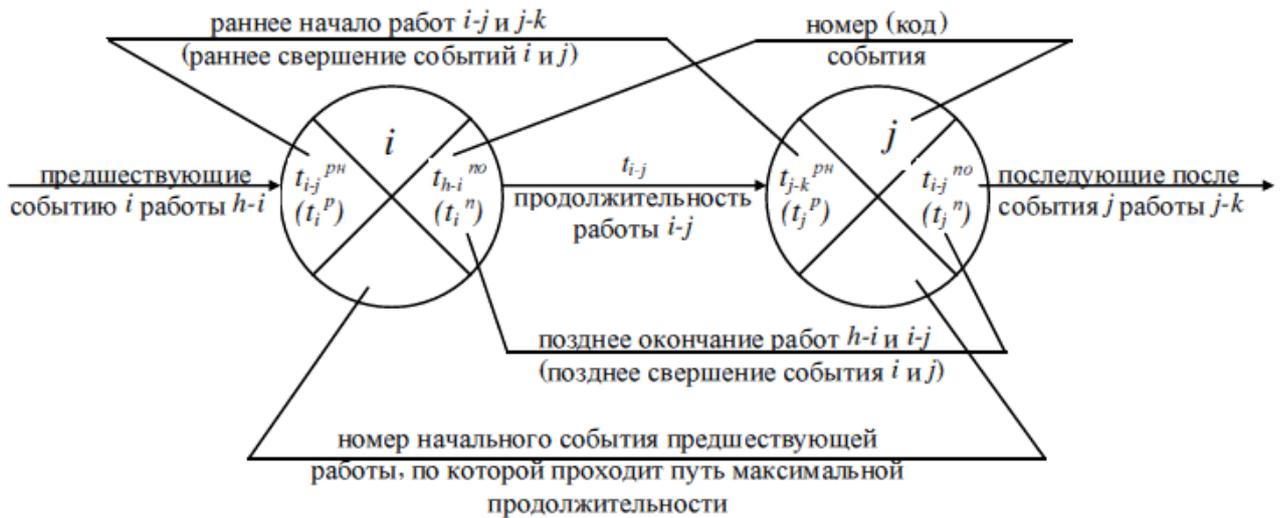


Рисунок 2 – Запись расчетных данных в секторных событиях

В верхний сектор записывают номер события сетевого графика, остальные заполняются согласно рисунка 2 по ходу решения.

2.1 Определение ранних начал работ

Расчет временных параметров начинают с определения ранних начал работ слева направо, начиная с исходного события и заканчивая на завершающем событии. На рисунке 3 приведен пример расчета ранних начал.

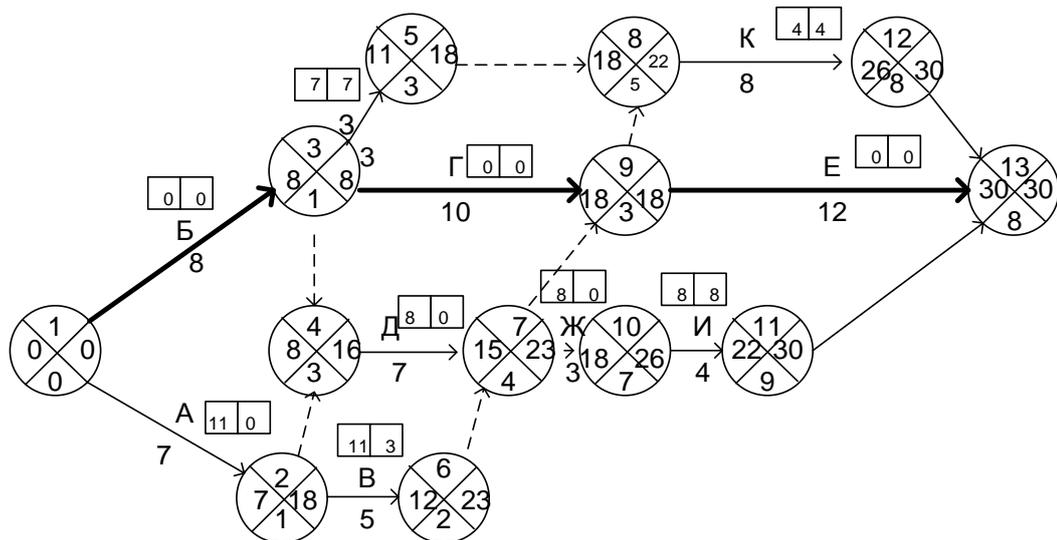


Рисунок 3 – Расчет ранних начал сетевого графика

Начинаем с исходного события 1. Раннее начало исходных работ равно 0.

Записываем 0 в левый сектор этого события.

Раннее начало последующей работы равно наибольшей из сумм ранних начал и продолжительности предшествующих работ:

$$t_{i-j}^{PH} = \max (t_{h-i}^{PH} + t_{h-i}^I)$$

В событие 2 входит одна работа 1–2, поэтому ранним началом последующих работ 2–4 и 2–6 будет $0+7=7$ дней. Записываем это число в левый сектор события 2.

Эта работа пришла из первого события, то в нижний сектор пишем 1.

В событие 3 также входит одна работа, поэтому записываем в левый сектор раннее начало, равное $0+8=8$ дней и в нижний сектор заносим номер первого события (так как предшествующая работа 1)

В события 4 входят две работы 2–4 и 3–4. Первая имеет продолжительность $7+0=7$ дней, а вторая $8+0=8$ дней. Раннее начало последующей работы принимаем большее значение, т.е. 8 дней. Записываем в левый сектор события 4 значение 8, а в нижний – 3 (так как путь до события 4 это 1–3–4, т.е. предшествующее событие 3).

В такой последовательности рассчитываем все события до завершающего события.

В последнее событие входят три завершающие работы 8–12, 10–12, 11–12. Их ранние окончания составляют 30, 26 и 22 дня. Принимаем большее и записываем в левый сектор завершающего события 30, а в нижний сектор номер события, из которого пришел наибольший путь – 8.

2.2 Определение поздних окончания работ сетевого графика

Завершающее событие рассматривается как начальное событие условной работы с нулевой продолжительностью. При этом раннее начало этой условной работы принимается равным позднему окончанию предшествующей работы, т.е. позднему сроку совершения завершающего события. Поэтому в правый сектор завершающего события пишем 30.

Находим поздние окончания предшествующих работ. Расчет ведем справа налево от завершающего события к исходному и результат записываем также в правый сектор рассматриваемого события.

Позднее окончание работы сетевого графика равно наименьшей из разностей поздних окончаний последующих работ и их продолжительностей:

$$t_{i-j}^{no} = \min (t_{j-k}^{no} - t_{j-k})$$

ИЛИ

$$t_i^n = \min (t_j^n - t_{i-j})$$

Например, рассмотрим событие 8. Это событие является началом для работ 8–11 (работа К) и 8–12 (работа Е). Определяем позднее окончание этих работ: работа 8–12 = 30–8=22 дня, работа 8–12= 30–12=18 дней. Минимальное значение 18, записываем его в правый сектор события 8.

В такой последовательности доводим расчет и запись на графике до исходного события 1.

Обозначаем критический путь. Критический путь будет лежать на событиях имеющих одинаковые ранние начала и окончания.

2.3 Определяем резервы времени

Особенностью секторного способа расчета сетевых графиков является то, что резервы времени определяются по значениям раннего начала и позднего окончания.

Так, общий резерв времени определяется по формуле:

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{no} - (t_{i-j}^{pn} + t_{i-j})$$

Общий резерв времени представляет собой время, на которое можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность без нарушения общей продолжительности выполнения программы. В любой сетевой модели общие резервы времени принимают минимальное значение только на критических работах. Это минимальное значение равно 0.

Для определения общего резерва времени работы из числового значения правого сектора ее конечного события вычитается сумма числового значения левого сектора ее начального события и продолжительности работы.

Так как ранние окончания работ в рассматриваемом расчете не определяют, формула расчета частных резервов принимает следующий вид:

$$r_{i-j} = t_{j-k}^{PH} - (t_{i-j}^{PH} + t_{i-j}),$$

Частный резерв времени рассматривается как время, на которое можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность без изменения ранних начал последующих работ.

Общие резервы времени не отрицательны для всех работ сетевой модели, при этом неотрицательны также частные резервы времени всех событий, а $r_{i-j} \leq R_{i-j}$. Частный резерв времени отличен от нуля в том случае, когда в конечное событие этой работы входят две или более работ.

Например, у работы 2–6 общий резерв времени будет равен:

$$R_{2-6} = 23 - (7 + 5) = 11 \text{ дней, а частный резерв времени } r_{2-6} = 12 - (7 + 5) = 0 \text{ дней.}$$

Аналогично производим подсчет общих и частных резервов по остальным работам, а результаты записываем в смежных прямоугольниках над стрелками, обозначающими работы (рядом с названием работы)

Расчет резервов времени работ можно вести в любой последовательности. Критические работы не имеют ни частных ни общих резервов. Для остальных, некритических работ имеются резервы, которые могут использоваться для улучшения графика работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болотин С.А. Организация строительного производства: учеб. пособие для вузов / 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 205 с.
2. Дикман Л.Г. Организация строительного производства: учеб. для вузов - М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2006. - 607 с.
3. СП 48.13330.2011. Свод правил. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. Организация строительства. - М., 2011. -25с –1 экз. на каф
4. Градостроительный кодекс РФ - М., 2014. - Элект. вариант на кафедре

Учебное издание

Плешко Марианна Викторовна

**ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ И ПЛАНИРОВАНИЕ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Печатается в авторской редакции

Технический редактор Н.С. Федорова

Подписано в печать 29.12.17. Формат 60×84/16.

Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 3,02.

Тираж экз. Изд. № 901411. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. им. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, д. 2.