

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Организация строительного производства

Практикум

Учебно-методическое пособие
для проведения практических занятий по направлению подготовки 08.03.01
Строительство

Нижегород
2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Организация строительного производства

Практикум

Учебно-методическое пособие
для проведения практических занятий по направлению подготовки 08.03.01
Строительство

Нижегород
ННГАСУ
2024

УДК 65.9(2)31

Хавин Д.В. Организация строительного производства. Практикум : учебно-методическое пособие / Д.В. Хавин, А.Н. Никифоров, В.В. Ноздрин, А.В. Башева, С.В. Горбунов, И.В. Табунов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2024. – 45 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-RW). – Текст : электронный.

В учебно-методическом пособии для проведения практических занятий предложены задания в области организации строительного производства.

Рекомендуется для студентов при подготовке по направлению 08.03.01 Строительство.

Задание № 1. Расчёт параметров кратноритмичного потока

Рассмотрим организацию ритмичных потоков с кратным ритмом работы бригад на примере, описываемом следующими исходными условиями (см. табл. 1.1).

Число захваток – 12. Объёмы работ на захватках одинаковы.

Технологический перерыв $t_{\text{тех}}$ между устройством бетонной подготовки и асфальтированием покрытия равен 6 дням.

Таблица 1.1

Исходные данные для организации кратноритмичных потоков

Состав работ	Количество исполнителей (R_i), чел.	Ритм работы бригады (K_i), дни
Земляные работы	4	2
Устройство песчаного основания	6	1
Установка бортового камня	6	1
Устройство бетонной подготовки	8	2
Асфальтирование покрытия	8	1

Шаг потока (t) принимаем равным наименьшему ритму работы бригад, т.е. $t = K_2 = K_3 = K_5 = 1$ день.

Общая продолжительность работы всех бригад на одной захватке T_1 определяется как сумма $K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5$.

В данном случае $\sum_{i=1}^a K_i = 7$ дней.

Отсюда находим число бригад, участвующих в выполнении работ.

$$n_{\text{бр}} = \frac{\sum_{i=1}^a K_i}{t}, \quad (1.1)$$

т.е. $n_{\text{бр}} = \frac{7}{1} = 7$ бригад.

Используя общую формулу потока

$$T_0 = T_1 + (N - 1)t + \sum_{i=1}^e t_{\text{тех}} \quad (1.2)$$

найдем, что общая продолжительность специализированного потока

$$T_0 = 7 + (12 - 1)1 + 6 = 24 \text{ дня.}$$

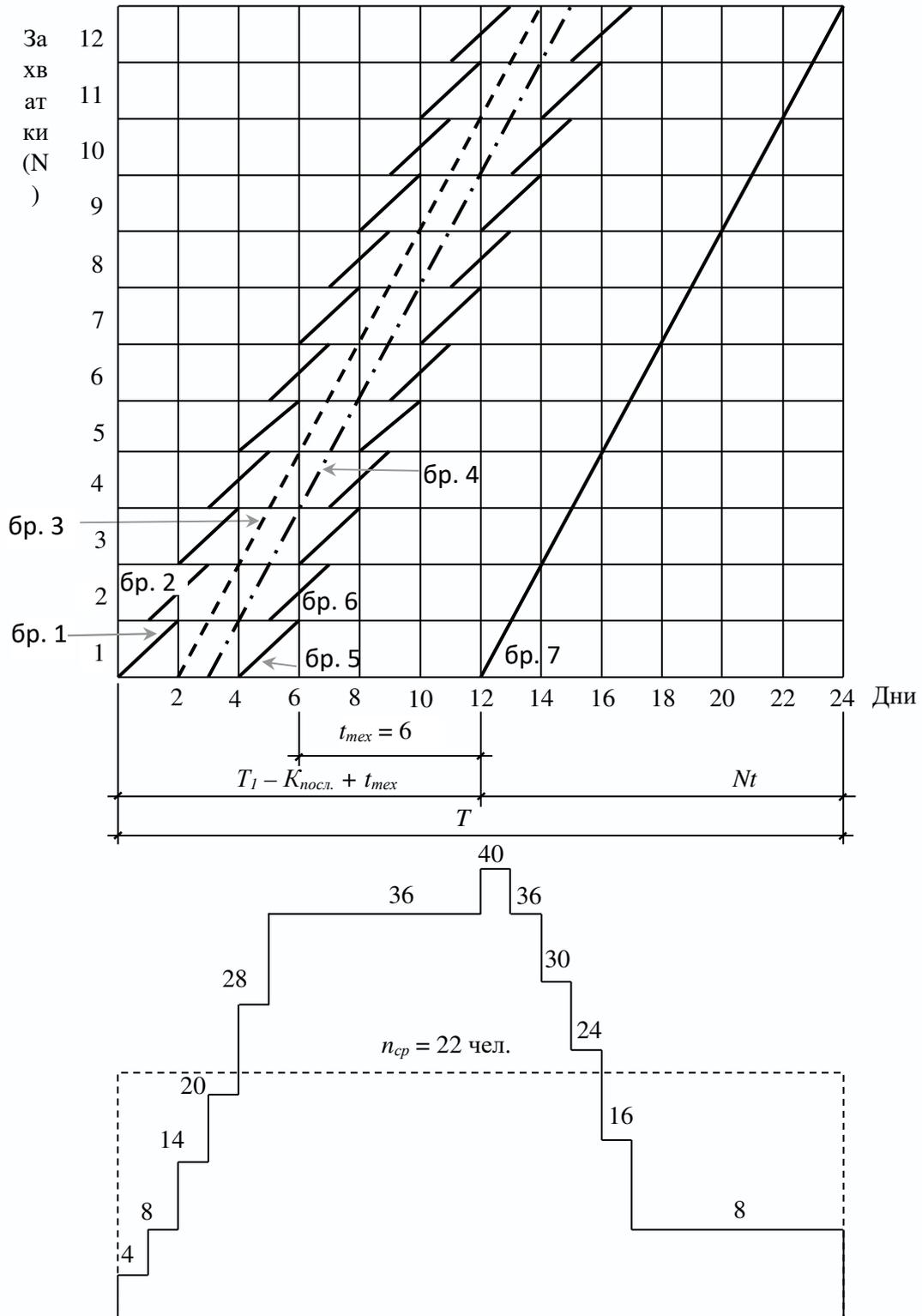


Рис. 1.1. Циклограмма специализированного потока и график потребности рабочих

Циклограмма потока строится в осях координат: по оси ординат откладываем необходимое количество захваток, а по оси абсцисс – продолжительность работ в днях. Принимаем необходимый масштаб времени, по оси абсцисс

откладываем 24 дня и строим циклограмму специализированного потока (см. рис. 1.1).

В осях ординат проводим линию хода работ сначала для первого частного потока, а после освобождения первой захватки – для второго. Аналогично строятся циклограммы работ остальных бригад.

После построения циклограммы специализированного потока строится диаграмма потребности рабочей силы. В рассматриваемом примере в первый день на первой захватке работает бригада № 1 в составе 4 человек. На второй день в выполнение земляных работ на второй захватке включается бригада № 2 также в количестве 4 человек. Таким образом, в специализированный поток включаются все новые бригады частных потоков. Вследствие этого одновременная численность работающих на объекте возрастает до 40 человек.

Период, пока в специализированный поток не включились все 40 человек, носит название периода развертывания потока – Тразв. В нашем примере Тразв равен 12 дням.

Время, в течение которого на объекте находится наибольшее (максимальное) количество исполнителей, носит название периода установившегося потока – Туст. В нашем примере Туст равен 1 дню. После периода установившегося потока из специализированного потока начинают исключаться частные потоки, т.е. специализированный поток свертывается. Период, когда в специализированном потоке уменьшается количество исполнителей, носит название периода свёртывания потока (Тсв). В нашем примере Тсв равен 11 дням.

На основе диаграммы потребности рабочей силы определяется среднее количество исполнителей в специализированном потоке по формуле:

$$n_{cp} = \frac{t_i \sum_{i=1}^b R_i}{T_0}, \quad (1.3)$$

где t_i – продолжительность частного потока с наименьшим ритмом, в днях;

b – число бригад;

R_i – количество исполнителей в бригаде, выполняющих работы в частном потоке.

В рассматриваемом примере

$$n_{cp} = \frac{12 \cdot (4+4+6+6+8+8+8)}{24} = 22 \text{ чел.}$$

Определив среднее количество исполнителей в специализированном потоке, рассчитываем показатель равномерности потока по количеству рабочих a_1 .

$$a_1 = \frac{N}{N+n_{op}-1+\sum_{i=1}^e t_{mex}} \quad (1.4)$$

Подставив соответствующие значения, получим $a_1 = \frac{12}{12+7-1+6} = 0,5$.

Затем определяем показатель равномерности потока по времени a_2

$$a_2 = \frac{N-n_{op}+1+\sum_{i=1}^e t_{mex}}{N+n_{op}-1+\sum_{i=1}^e t_{mex}}. \quad (1.5)$$

Подставив соответствующие значения, получим $a_2 = \frac{12-7+1+6}{12+7-1+6} = 0,5$.

Чем больше a_1 , тем равномернее поток. В пределе a_1 стремится к 1. Для установившихся потоков $a_1 = 0,5$.

Показатель равномерности потока по времени a_2 показывает степень точности. При значении $a_2 \leq 0,5$ периода установившегося потока нет.

Задание № 2. Расчёт параметров неритмичных потоков

Организация неритмичных потоков имеет ряд особенностей, которые обусловлены изменяющимися ритмами работы бригад или звеньев при переходе на другую захватку.

Рассмотрим организацию этих потоков на примере, описываемом следующими исходными условиями:

Общее число захваток $N = 8$.

Состав работ и количество исполнителей:

- отрывка котлована под подвал и фундаменты – 4 чел;
- монтаж фундаментов стен и подвала – 8 чел;
- монтаж перекрытий над подвалом – 6 чел.

Ритм работы бригад на захватках приведён в таблице 2.1.

Работы ведутся в одну смену при постоянном составе бригад.

Трудоёмкость работ по отдельным захваткам различна.

Таблица 2.1

Ритм работы бригад на захватках

Номер бригады	Номера захваток							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ритмы работы бригад, дни							
1	2	1	2	2	2	1	3	2
2	1	3	1	1	2	2	2	3
3	2	2	2	1	1	1	3	2

Задача может быть решена аналитическим или графическим способом.

А. Аналитический способ

Исходя из условия поточного выполнения работ на одной захватке может работать только одна бригада. Поэтому в процессе работ предусматриваются организационные перерывы между работой смежных бригад или, так называемые, пустующие захватки. Наличие пустующих захваток является характерным для неритмичных потоков. Определяем интервал времени «с», через который последующая бригада может включиться в выполнение своей работы на первой захватке. Сначала строим циклограмму работы первой бригады (рис. 2.1). Затем записываем продолжительность работы бригады № 1 нарастающим итогом, начиная со второй захватки, т.е. составляем ряд чисел:

$$\sum_2^2 K_1; \sum_2^3 K_1; \sum_2^4 K_1; \sum_2^5 K_1; \sum_2^6 K_1; \sum_2^7 K_1; \sum_2^8 K_1.$$

Таким же образом составляем ряд чисел, начиная с первой захватки, для бригады № 2. Получившиеся два ряда чисел пишем друг под другом и вычитаем числа второго ряда из чисел первого:

Ряд чисел для бригады № 1: 1; 3; 5; 7; 8; 11; 13

Ряд чисел для бригады № 2: 1; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15

Разность «а»: 0 -1 0 +1 0 +1 +1 -15

Наибольшее положительное значение разности показывает величину организационного перерыва между окончанием и началом работы смежных бригад № 1 и № 2.

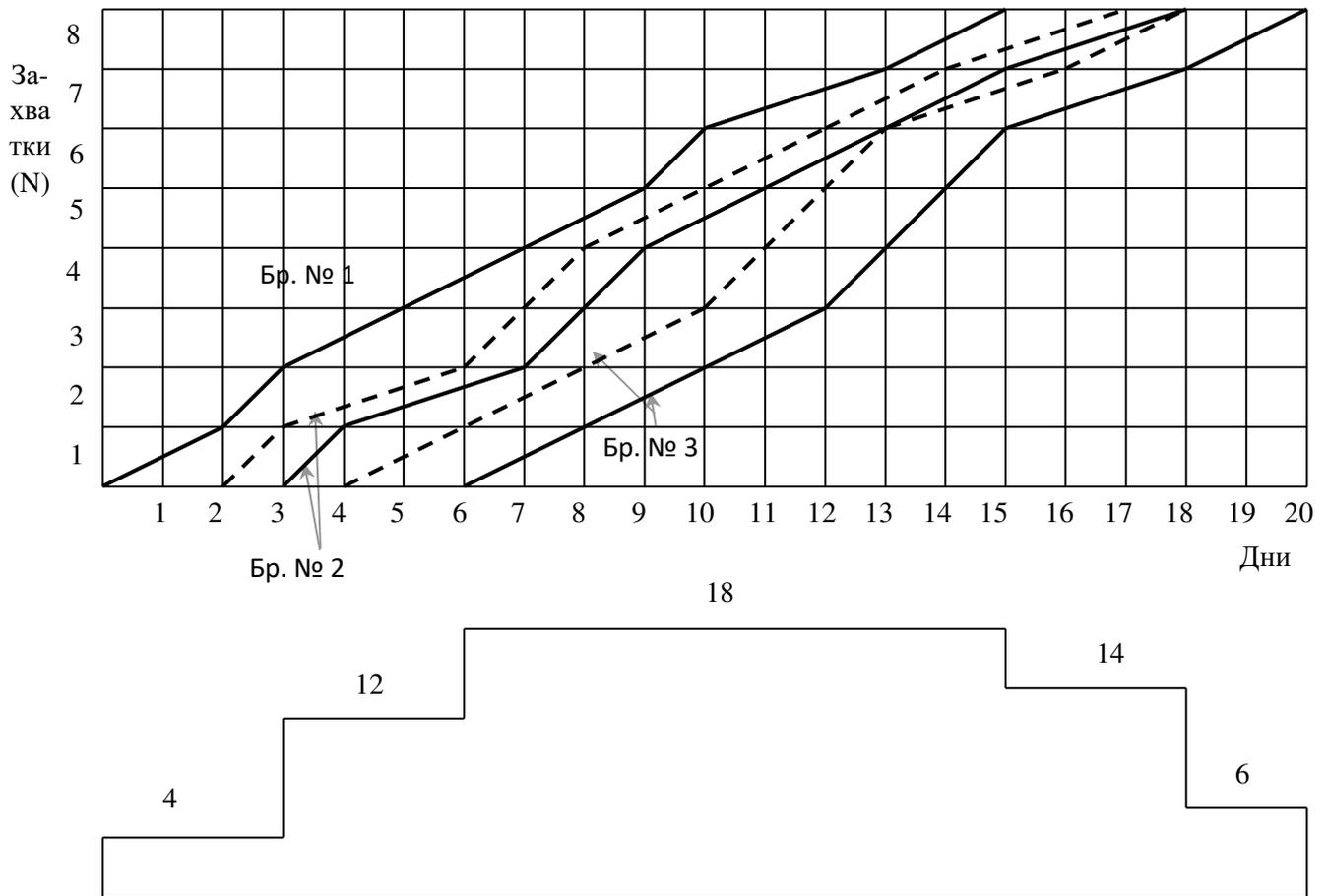


Рис. 2.1. Циклограмма неритмичного потока и график потребности рабочих

Интервал между началами работы смежных бригад определится по формуле:

$$c = a_{\max} + k_{\text{пред}}, \quad (2.1)$$

где a_{\max} – наибольшее положительное значение разности чисел рядов;

$k_{\text{пред}}$ – ритм работы предшествующей бригады на первой захватке.

В рассматриваемом примере наибольшая разность равна одному дню, поэтому $c_1 = 1 + 2 = 3$ дня.

Откладываем на оси времени (рис. 2.1) полученный интервал, равный 3 дням, от начала координат и находим точку начала работы второй бригады. Затем строим циклограмму работы второй бригады.

Аналогичным способом увязываем работу бригад № 2 и № 3. Нарастающий ряд чисел продолжительности работы для бригады № 2 записываем, начиная со второй захватки, а для бригады № 3 – с первой захватки.

Ряд чисел для бригады № 2: 3; 4; 5; 7; 9; 11; 14

Ряд чисел для бригады № 3:	2;	4;	6;	7;	8;	9;	12;	14
Разность «а»:	+ 1	0	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 2	- 14

Тогда $c_2 = 2 + 1 = 3$ дня.

Откладываем три дня от начала работы бригады № 2 (рис. 2.1) и строим циклограмму работы бригады № 3. В результате получаем циклограмму неритмичного специализированного потока.

На основе циклограммы потока строим диаграмму потребности рабочих.

Общая продолжительность неритмичного специализированного потока определяется по формуле:

$$T_0 = \sum_{i=1}^{b-1} k_i + \sum_1^{b-1} a_{\max} + T_{бр.н}, \quad (2.2)$$

где $\sum_{i=1}^{b-1} k_i$ – суммарная продолжительность работы всех бригад, за исключением последней, на первой захватке;

$\sum_1^{b-1} a_{\max}$ – сумма максимальных разностей между числами рядов смежных бригад;

$T_{бр.н}$ – продолжительность работы последней бригады на всех захватках.

В данном примере $T_0 = (2 + 1) + (1 + 2) + 14 = 20$ дней.

Из диаграммы потребности рабочих определим показатель равномерности потока по времени

$$a_2 = \frac{T_0 - (T_p + T_c)}{T_0}, \quad (2.3)$$

где T_p – период развёртывания потока;

T_c – период свёртывания потока.

Подставив соответствующие значения, получим $a_2 = \frac{20 - (6 + 5)}{20} = 0,45$.

Б. Графический способ

При графическом способе (рис. 2.1) сначала строим циклограмму работы бригады № 1. Затем строим пунктиром предварительную циклограмму работы бригады № 2, планируя начало работы бригады № 2 сразу же после окончания работы бригады № 1 на первой захватке.

После построения циклограммы работы бригады № 2 производим анализ совместной работы бригад и приходим к выводу, что три промежутка времени

бригады № 1 и № 2 работают одновременно на одних и тех же захватках (захватки № 5, 7, 8), что противоречит принципу поточного строительства. Наибольшая продолжительность времени совместной работы бригад на вышеуказанных захватках: $a = 1$ дню. Следовательно, сдвигаем начало работы бригады № 2 вправо на 1 день и наносим окончательное её положение сплошной линией.

Затем пунктиром наносим предварительную циклограмму работы бригады № 3, начиная её на 5-й день, когда бригада № 2 освободит первую захватку. Устанавливаем, что при этом четыре промежутка времени бригады № 2 и № 3 на захватках № 2, 6, 7 и 8 работают совместно, что недопустимо. Наибольшая продолжительность времени совместной работы бригад $a = 2$ дням. Сдвигаем начало работы бригады № 3 вправо на 2 дня и наносим окончательное положение циклограммы работы этой бригады сплошной линией.

Общую продолжительность неритмичного специализированного потока определим непосредственно с циклограммы (рис. 2.1). В данном примере $T_0 = 20$ дней.

Аналогично предыдущему способу строим диаграмму потребности рабочих и определяем показатель равномерности потока по времени a_2 .

Задание № 3. Матричный способ расчёта параметров ритмичных потоков

Исходные данные:

Общее число захваток $N = 4$.

Ритм работы бригады:

- на земляных работах – 1 день;
- на устройстве песчаного основания – 3 дня;
- на установке бортового камня – 2 дня;
- на устройстве бетонной подготовки – 4 дня.

Работы ведутся в одну смену при постоянном составе бригад.

Трудоёмкость работ на отдельных захватках одинакова.

Исходные данные записываются в клеточную матрицу (рис. 3.1). В строках матрицы указываются захваты, а столбцах – процессы. В центре каждой клетки, представляющей захватку, проставляется продолжительность выполнения соответствующего процесса на захватке. Под клеточной матрицей указывается суммарная продолжительность каждого процесса на всех захватках.

Расчёт ведут по столбцам: для первого процесса всегда сверху вниз, а для последующих – в зависимости от суммарной продолжительности процессов на захватках. Если суммарная продолжительность следующего процесса больше, чем предыдущего, то расчёт ведут также сверху вниз, а если меньше – снизу вверх.

		Процессы									
		1		2		3		4			
Захваты	I	0		1		7		9			
		1	—	3	×	3	2	—	4		
			1		4		9		13		
	II	1		4		9		13			
		1	×	2	3	×	2	2	×	2	4
			2		7		11		11		17
	III	2		7		11		17			
		1	×	4	3	×	1	2	×	4	4
			3		10		13		13		21
	IV	3		10		13		21			
		1	×	6	3	—	2	×	6	4	
			4		13		15		15		25
		4	<	12	>	8	<	16			

Рис. 3.1. Матричный способ расчёта ритмичных потоков

В каждой клетке кроме продолжительности (ритма работы бригады) проставляют два значения: в левом верхнем углу – время начала процесса на захватке, а в правом нижнем углу – время его окончания.

Время начала первого процесса на первой захватке всегда принимается равным нулю (аналогично началу координат при построении циклограммы поточного строительства). Суммируя время начала процесса с его продолжительностью, определяют время окончания процесса на данной захватке, которое записывают в правом нижнем углу клетки.

В рассматриваемом примере время окончания первого процесса на первой захватке, равное 1, может считаться началом этого процесса на следующей захватке. Поэтому цифру 1 из нижнего правого угла верхней клетки переносим без изменений в верхний левый (накрест лежащий) угол следующей нижней клетки и определяем вышеуказанным способом окончание процесса на второй захватке. Подобная процедура повторяется на всех захватках до завершения данного процесса. Затем переходим ко второму процессу. Так как его общая продолжительность в рассматриваемом примере больше продолжительности первого ($12 > 4$), то расчёт ведём опять сверху вниз. Поскольку второй процесс на первой захватке можно начать сразу же после окончания на ней первого процесса, то цифру 1 из нижнего угла левой клетки переносим в верхний угол правой клетки в качестве начала второго процесса. Дальше расчёт ведём аналогично первому процессу. В результате получаем, что второй процесс будет закончен на 13-й день.

Переходя к третьему процессу, устанавливаем, что его общая продолжительность меньше продолжительности второго ($8 < 12$). Следовательно, второй и третий процессы нужно увязывать, начиная с последней захватки, и вести расчёт снизу вверх. Поэтому цифру 13 из нижнего угла левой клетки (второй столбец) переносим в верхний угол правой клетки (третий столбец). Одновременно цифру 13 переносим в нижний правый угол вышележащей клетки, где она показывает окончание третьего процесса на третьей захватке. Начало его на этой же захватке определится как разность между окончанием процесса и его продолжительностью ($13 - 2 = 11$). Двигаясь вверх по этому столбцу, в таком же порядке проставляем в каждой клетке сначала окончание, а затем начало выполнения процесса на соответствующей захватке.

Аналогично заполняем все клетки четвёртого столбца (сверху вниз).

Цифра (25) в нижнем углу последней клетки показывает общую продолжительность выполнения всей совокупности частных потоков. Разность между началами процессов в смежных клетках по горизонтали показывает величину интервалов между ними. Например, интервал между началами первого и второго процессов на первой захватке составляет 1 день, между вторым и третьим – 6 дней ($7 - 1 = 6$), между третьим и четвёртым – 2 дня ($9 - 7 = 2$).

Из рис. 3.1 можно получить данные о величине организационных перерывов между окончанием предшествующего процесса на одной из захваток и началом на ней следующего. Для этого необходимо определить разность значений накрест лежащих углов двух смежных частных потоков. Например, перерыв между началом выполнения третьего процесса на первой захватке и окончанием на ней второго процесса составит три дня ($7 - 4 = 3$). Перерывы отмечены крестиками.

Задание № 4. Матричный способ расчёта параметров неритмичных потоков

Исходные данные:

Общее число захваток $N = 4$.

Специализированным потоком охвачены следующие работы:

- отрывка котлована под подвал и фундаменты;
- монтаж фундаментов и стен подвала;
- устройство полов в подвале;
- монтаж перекрытий над подвалом.

Работы ведутся в одну смену при постоянном составе бригад.

Трудоёмкость работ на отдельных захватках различна.

Ритм работы бригад на захватках приведён в табл. 4.1.

Ритм работы бригад на захватках

№ бригады	Номера захваток			
	1	2	3	4
	Ритмы работы бригад, дни			
1	2	3	1	1
2	4	2	2	1
3	2	4	3	1
4	2	1	2	4

Исходные данные записываются в клеточную матрицу (рис. 4.1).

Процессы

		1	2	3	4
Захватки	I	0	2	6	12
		2	4	2	4 2
		2	6	8	14
		2	6	8	14
II	3	1 2	4	2 1	
	5	8	12	15	
III	1	2 2	2 3	2	
	6	10	15	17	
IV	1	3 1	4 1	1 4	
	7	11	16	21	

Рис. 4.1. Матричный способ расчёта неритмичного потока

Расчёт продолжительности строительства при неритмичном потоке сводится к нахождению такого совмещения выполняемых работ, при котором ор-

организационные перерывы в работе смежных бригад на захватках будут минимальными и в то же время должны обеспечивать беспрепятственное развитие частных потоков на всех захватках. Захватка, на которой следующий процесс начинается без всякой задержки при беспрепятственном развитии его со стороны всех других захваток, определит место критического сближения двух смежных частных потоков. Если уменьшить или увеличить это сближение, то в первом случае последующий процесс начнётся раньше, чем будет закончен на данной захватке предыдущий процесс; во втором – неоправданно увеличится общий срок строительства.

Расчёт потока ведут с использованием изложенного выше алгоритма расчёта ритмичных потоков, учитывая некоторые особенности.

В неритмичных потоках проверка увязки с предшествующим потоком является обязательной на каждой захватке. Начало любого процесса (кроме первого) на любой захватке, указанное в верхнем левом углу клетки, не может быть по своей величине меньше окончания предшествующего процесса на этой захватке, записанного в нижнем углу соседней левой клетки.

По ходу расчёта необходимо делать поправки или пытаться найти захватку, с которой следует начать расчёт, руководствуясь следующим правилом: по каждой паре смежных процессов сопоставляется время их выполнения в диагональных клетках при движении сверху вниз. Если все строки правого столбца по диагонали будут больше или равны срокам левого столбца, то расчёт следует начинать сверху, а если все меньше, то снизу.

Расчёт первого частного потока ведётся всегда сверху вниз. Сравнивая продолжительности процессов в диагональных клетках для первого и второго столбцов, имеем: $4 > 3$, $2 > 1$, $2 > 1$. Следовательно, эти два процесса увязываются по первой захватке. То же получается для второго и третьего процессов ($2 = 2$; $4 > 2$; $3 > 1$).

Сопоставляя третий и четвёртый процессы, отмечаем, что сначала сроки правого столбца меньше левого ($2 < 4$; $1 < 3$), затем больше ($2 > 1$). Тогда увязку следует производить по третьей захватке, где и будет место критического сближения.

При большом числе захваток возможно неоднократное чередование значе-

ний «больше» ($>$), «меньше» ($<$). В таких случаях рекомендуется сначала выполнить предварительный расчёт сверху вниз, начиная с первой захватки. Затем проводится анализ с целью определения захватки с наибольшим превышением окончания предшествующего процесса над началом последующего. Приняв данную захватку за место критического сближения частных потоков, нужно откорректировать расчёт, ведя его вверх и вниз от вышеуказанной захватки.

Задание № 5. Оптимизация неритмичных потоков с целью сокращения сроков строительства

При организации неритмичных потоков, когда в роли захваток выступают здания (объекты), важно установить оптимальную очерёдность их возведения, обеспечивающую кратчайший срок строительства.

Количество возможных вариантов, устанавливающих очерёдность возведения объектов, среди которых находится оптимальный, зависит от числа объектов и определяется числом перестановок ($K!$). Если в нашем примере 4 объекта и нужно решить, при какой очерёдности (при прочих равных условиях) будет обеспечен кратчайший срок их возведения, то возможно рассмотрение $4!$ перестановок, т.е. $4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$ вариантов. Из этого следует, что путь полного перебора является громоздким и трудоёмким.

В рассматриваемой методике описываются более простые способы, основанные на использовании матричного алгоритма. На рис. 5.1 повторен выполненный выше расчёт неритмичного потока с введением двух дополнительных граф.

На основании суммарной продолжительности каждого процесса на всех объектах находим поток наибольшей длительности и выделяем его двойной линией (третий процесс). Этот процесс принимается за ведущий, в известной мере определяющий срок строительства. Затем по каждой строке матрицы подсчитывается время, предшествующее ведущему процессу ($\sum t_{\text{предш.}}$) и следующее после него ($\sum t_{\text{посл.}}$). Результаты заносятся в первую дополнительную графу. Если ведущим потоком является первый или последний, то $\sum t_{\text{предш.}}$ или $\sum t_{\text{посл.}}$ соответственно обращаются в нуль.

	Процессы				$\frac{\sum t_{пред}}{\sum t_{посл}}$	$t_n - t_1$	
	1	2	3	4			
Объекты	I	0 2 2	2 4 6	6 2 8	12 4 14	$\frac{6}{2}$	0
	II	2 3 5	6 1 2 8	8 4 12	14 2 1 15	$\frac{5}{1}$	-2
	III	5 1 6	8 2 2 10	12 2 3 15	15 2 17	$\frac{3}{2}$	+1
	IV	6 1 7	10 3 1 11	15 4 1 16	17 1 4 21	$\frac{2}{4}$	+3

2+3+1+1=7 < 4+2+2+1=9 < 2+4+3+1=10 > 2+1+2+4=9

Рис. 5.1. Исходная матрица для оптимизации неритмичного потока

Помимо $\sum t_{предш.}$ и $\sum t_{посл.}$ рекомендуется также определять разность между продолжительностями последнего и первого процессов с записью результатов во вторую дополнительную графу матрицы с соответствующим знаком (рис. 5.1).

На основании двух дополнительных граф составляется матрица с новой очередностью возведения объектов согласно следующим правилам.

В первую строку матрицы записывается объект с наименьшим значением $\sum t_{предш.}$ (числитель) и наибольшим значением разности, а в последнюю – объект с наименьшим значением $\sum t_{посл.}$ (знаменатель) и наименьшим значением разности $t_n - t_1$.

Затем заполняются вторая и предпоследняя строки матрицы с условием, чтобы $\sum t_{предш.}$ и $\sum t_{посл.}$ постепенно увеличивались при перемещении внутри матрицы, а значение разности изменялось бы от максимума в первой строке до минимума в последней (см. рис. 5.2).

	Процессы				$\frac{\sum t_{пред}}{\sum t_{посл}}$	$t_n - t_1$	
	1	2	3	4			
Объекты	IV	0 1 1	1 1 2	4 2 5	6 1 10	$\frac{4}{4}$ ← min	+3 ↓ max
	III	1 1 2	2 2 4	5 1 8	10 2 12	$\frac{3}{2}$ ← max	+1 ↓ min
	I	2 2 4	4 4 8	8 2 10	12 2 14	$\frac{6}{2}$ ↑ max	0
	II	4 3 7	8 1 10	10 4 14	14 1 15	$\frac{5}{1}$ ↑ min	-2

Рис. 5.2. Рациональная очередность возведения объектов

Произведенный расчёт показал, что при новой очередности возведения объектов срок строительства сократится на 6 принятых единиц времени по сравнению с первоначальным вариантом, что составляет $(21-15)/21 \cong 29\%$.

В случае, если изложенные выше правила распределения объектов по строкам матрицы противоречат друг другу, то рекомендуется применять их по разнь, т.е. сначала построить одну матрицу, руководствуясь значениями $\sum t_{предш.}$ и $\sum t_{посл.}$, а затем другую – по разностям продолжительностей последнего и первого процессов ($t_n - t_1$).

Указанный метод определения очередности строительства объектов в 80% случаев даёт сокращение сроков строительства.

Сокращение сроков строительства может быть достигнуто также за счёт совмещения процессов, когда последующий процесс начинают, не дожидаясь полного окончания предыдущего.

На рис. 5.3 показан рассмотренный выше неритмичный поток, выполняемый совмещенно благодаря разбивке каждого объекта на две захватки. Произ-

ведённый расчёт показывает, что общий срок строительства уменьшился до 13 принятых единиц времени, что составляет $(21-13)/21 \cong 38\%$ по сравнению с первоначальным вариантом, с одновременным сокращением продолжительности возведения каждого объекта.

		Процессы								
		1	2	3	4					
IV	a	0	0,5	2,5	4					
	б	0,5	1	3	6					
III	a	1	1,5	3,5	8					
	б	1,5	2,5	5	9					
I	a	2	3,5	6,5	10					
	б	3	5,5	7,5	11					
II	a	4	7,5	8,5	12					
	б	5,5	8,5	10,5	12,5					
										13

Рис. 5.3. Сокращение срока строительства путём деления объектов на захваты

Задание № 6. Оптимизация неритмичных потоков с устройством перерывов в работе строительных бригад

В случае, когда нет возможности изменить очередность строительства объектов (захваток) или фронт работ не позволяет их разбить на более мелкие захватки, возможна оптимизация неритмичных потоков по критерию «минимальная продолжительность строительства объекта» с устройством перерывов в работе строительных бригад. Данным способом допускается возможность простаивания строительных бригад.

		Процессы				$\sum_1^m T_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (T_i + C_i)$
		1	2	3	4			
Захватки	I	0 4 4	4 6 10	14 4 6 20	20 2 22	18	4	22
	II	4 5 9	10 1 5 15	20 5 1 21	22 1 1 23	12	7	19
	III	9 4 13	15 2 2 17	21 4 1 22	23 1 6 29	13	7	20
	IV	13 1 14	17 3 5 22	22 1 23	29 6 4 33	11	9	20
T_i		$T_1=14$	$T_2=18$	$T_3=9$	$T_4=13$	54	27	81

Рис. 6.1. Исходная матрица для оптимизации неритмичного потока с устройством перерывов в работе строительных бригад

Оптимизация неритмичных потоков начинается с определения коэффициента плотности графика работ:

$$K_{пл} = \sum_1^N \sum_1^m T_i / \sum_1^N \sum_1^m (T_i + C_i) \quad (6.1)$$

где N – число захваток;

m – число работ;

T_i – продолжительность работы на одной захватке;

C_i – организационные перерывы между окончанием предшествующего процесса и началом последующего.

При оптимизации значение этого коэффициента должно стремиться к единице $K_{пл} \rightarrow 1$.

Для исходных данных (рис. 6.1) значение коэффициента плотности графика работ примет следующий вид:

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{пл} = \frac{54}{81} = 0,67 < 1$$

Рассмотрим два варианта: I вариант – допускается только возможность простоя строительных бригад (будем учитывать окончание рассматриваемого процесса на предыдущей захватке); II вариант – допускается привлечение на выполнение работ дополнительных строительных бригад (окончание рассматриваемого процесса на предыдущей захватке будет игнорироваться).

I вариант.

Оптимизацию будем проводить в два этапа.

На первом этапе рассчитаем эту же матрицу (рис. 6.2), руководствуясь следующими правилами:

- расчет первого процесса выполняется всегда сверху вниз,
- расчет остальных процессов так же выполняется сверху вниз, учитывая окончания предшествующих процессов на рассматриваемых захватках и производя соответствующие корректировки начал выполнения рассматриваемого процесса на соответствующей захватке. Если окончание предшествующего процесса на рассматриваемой захватке больше окончания рассматриваемого процесса на предыдущей захватке, то за начало принимаем окончание предшествующего процесса, иначе – началом выполнения рассматриваемого процесса

на рассматриваемой захватке будет являться окончание этого процесса на предшествующей захватке.

		Процессы				$\sum_1^m T_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (T_i + C_i)$						
		1	2	3	4									
Захватки	I	0 4 4	4 6 10	10 6 16	16 2 18	18	0	18						
	II	4 5 9	10 * 1 5 15	16 * 1 1 17	18 * 1 1 19				12	3	15			
	III	9 4 13	15 * 2 2 17	17 1 18	19 * 1 6 25							13	3	16
	IV	13 1 14	17 * 3 5 22	22 1 23	25 * 2 4 29									
T_i	$T_1=14$	$T_2=18$	$T_3=9$	$T_4=13$	54	27	65							

Рис. 6.2. Оптимизация неритмичного потока с устройством перерывов в работе строительных бригад

Например, рассмотрим третий процесс на второй и четвертой захватках.

- На второй захватке планируемый срок начала равен 16 принятым единицам времени (окончание этого процесса на первой захватке), а окончание предшествующего процесса на второй захватке равно 15 принятым единицам времени. Следовательно, начало третьего процесса на второй захватке будет равно 16 принятым единицам времени.

- На четвертой захватке планируемый срок начала равен 18 принятым единицам времени (окончание этого процесса на третьей захватке), а окончание предшествующего процесса на четвертой захватке равно 22 принятым единицам времени. Следовательно, начало третьего процесса на четвертой захватке будет равно 22 принятым единицам времени.

В результате возникает один разрыв в работе третьей бригады (рис. 6.3).

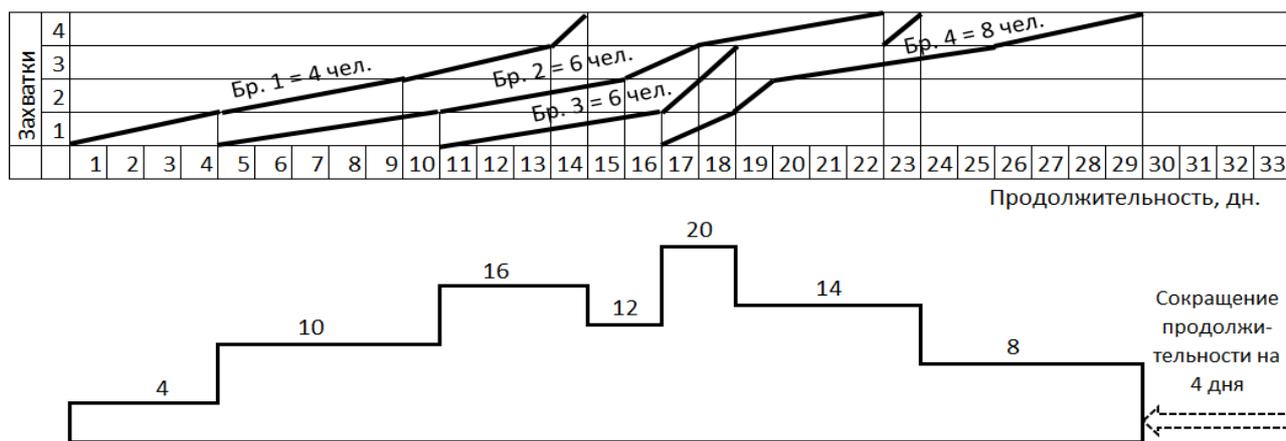


Рис. 6.3. Циклограмма неритмичного потока с одним перерывом в работе строительных бригад

Коэффициент плотности графика работ после оптимизации с устройством перерывов в работе строительных бригад стал равен:

$$K_{пл} = \frac{54}{65} = 0,83 < 1$$

Общий срок строительства уменьшился до 29 принятых единиц времени, что составляет $\frac{33-29}{33} \cong 12\%$ по сравнению с первоначальным вариантом.

На втором этапе необходимо свести к минимуму образовавшиеся перерывы, сдвигая линии циклограммы, начиная с последнего процесса, вправо до единственно возможного логического предела. В данном случае это невозможно, задача решена, но пример двух этапов первого варианта оптимизации с другими исходными данными в сжатой форме приведен на рис. 6.4.

Путем устройства трех перерывов в работе бригад общая продолжительность у неритмичного потока уменьшается с 36 до 33 принятых единиц времени что составляет $\frac{36-33}{36} \cong 8\%$ по сравнению с первоначальным вариантом.

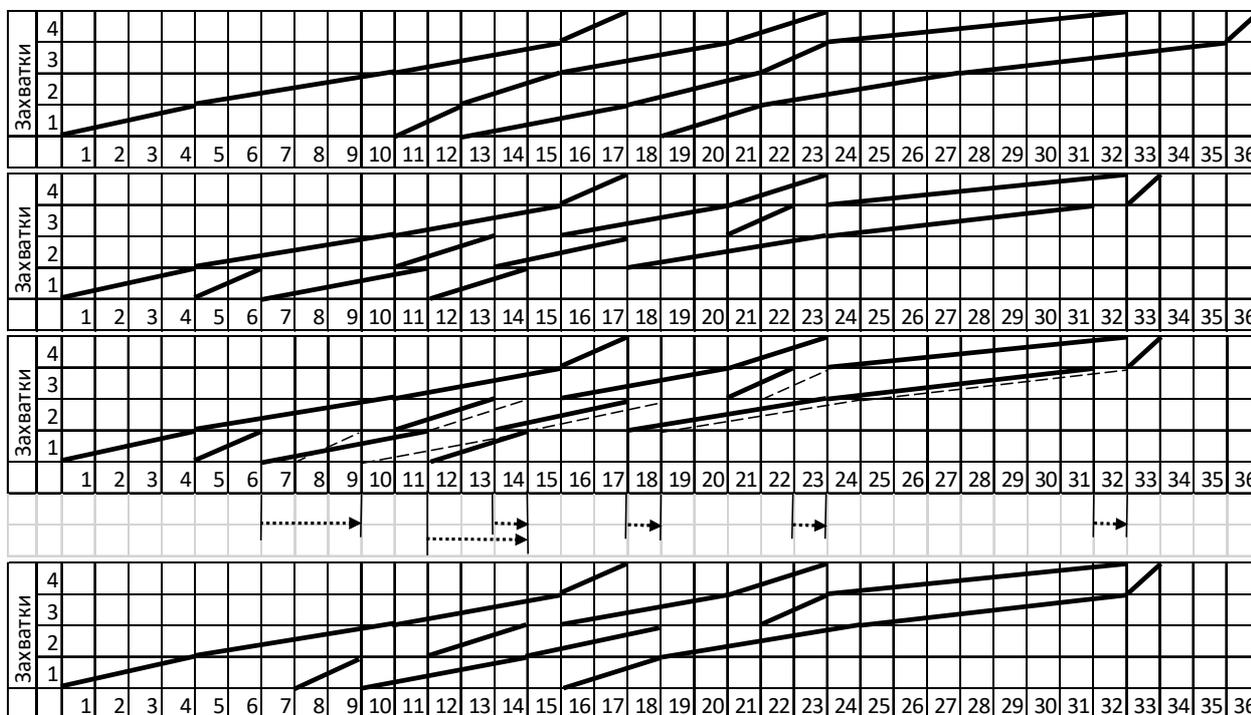


Рис. 6.4. Оптимизация неритмичного потока с устройством перерывов в работе строительных бригад

II вариант.

Первый процесс рассчитываем сверху вниз. По всем остальным процессам началом выполнения будет являться окончание предыдущего процесса на этой же захватке. Окончание выполнения рассматриваемого процесса на предыдущей захватке будем игнорировать.

В этом случае допускается начало выполнения работ смещать как вправо, так и влево по временной оси (см. рис. 6.6).

Коэффициент плотности графика работ равен:

$$K_{пл} = \frac{54}{54} = 1$$

Достигнута максимальная плотность графика работ.

Общий срок строительства уменьшился до 24 принятых единиц времени, что составляет $\frac{33-24}{33} \cong 27\%$ по сравнению с первоначальным вариантом.

		Процессы				$\sum_1^m T_i$	$\sum_1^m C_i$	$\sum_1^m (T_i + C_i)$
		1	2	3	4			
Захватки	I	0 4 4	4 6 10	10 6 16	16 2 18	18	0	18
	II	4 5 9	9 5 14	14 1 15	15 1 16			
	III	9 4 13	13 2 15	15 1 16	16 6 22			
	IV	13 1 14	14 5 19	19 1 20	20 4 24			
T_i		$T_1=14$	$T_2=18$	$T_3=9$	$T_4=13$	54	0	54

Рис. 6.5. Оптимизация неритмичного потока с устройством перерывов и привлечением на выполнение работ дополнительных строительных бригад

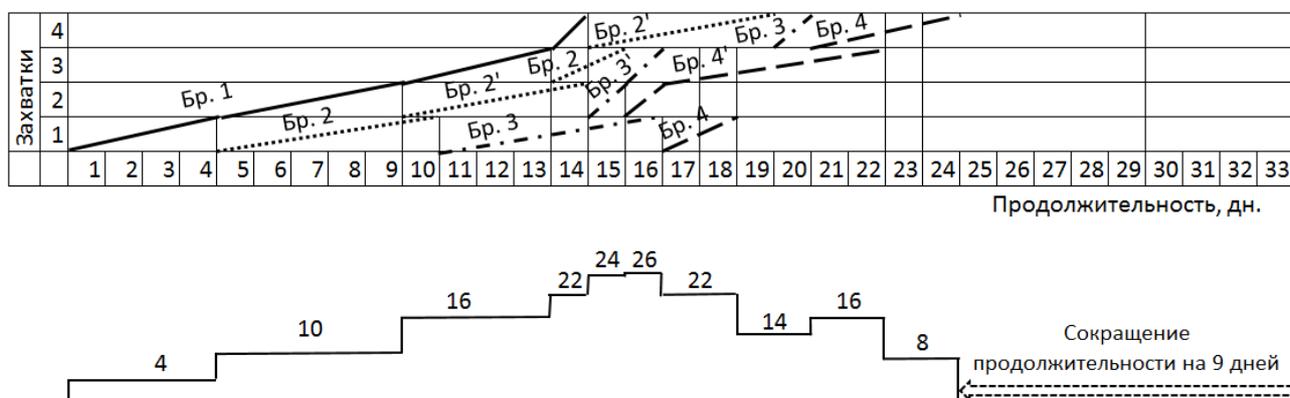


Рис. 6.6. Циклограмма неритмичного потока и график потребности рабочих

Задание № 7. Расчёт параметров сетевого графика в табличной форме

Рассмотрим расчёт параметров сети, приведённой на рис. 7.1.

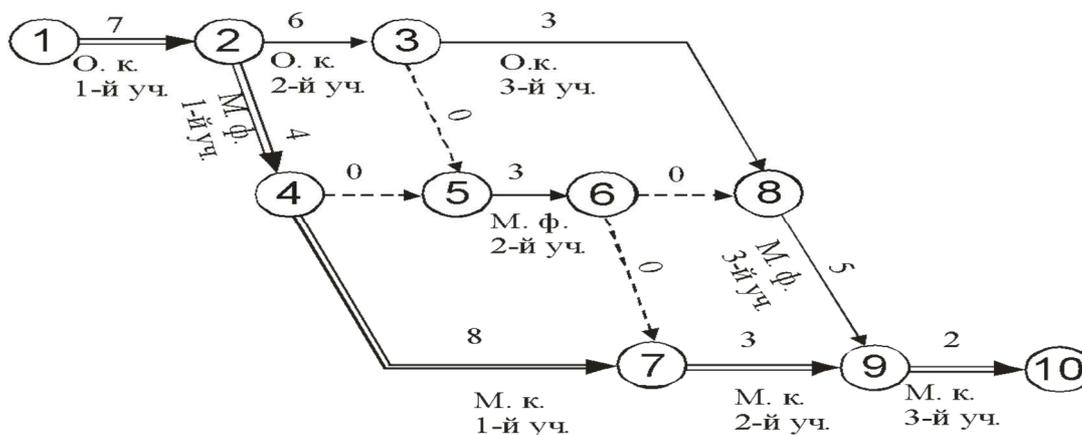


Рис. 7.1. Сетевая модель с реальными зависимостями между работами:
 О.к. – отрывка котлована; М.ф. – монтаж фундаментов;
 М.к. – монтаж конструкций

На *первом этапе* на основании составленной сетевой модели заполняются первые три графы (табл. 7.1): номера начальных событий предшествующих работ (графа 1); шифр данной работы (графа 2); продолжительность работы (графа 3). Заполнение следует начинать со второй графы, придерживаясь правила: сначала записываются все работы, выходящие из первого события, затем – из второго и далее в порядке нарастания номеров. Одновременно с записью работ, выходящих из одного события, заполняются первая и третья графы таблицы.

На *втором этапе* рассчитываются ранние сроки начала и окончания работ (графы 4 и 5). Заполнение их ведётся построчно, начиная с исходного события до завершающего.

Ранние начала исходных работ всегда равны нулю. Затем определяются ранние окончания этих работ по формуле (7.1). Так, раннее окончание работы 1-2 будет:

$$T_{1-2}^{PO} = T_{1-2}^{PH} + t_{1-2} = 0 + 7 = 7 \text{ дн.} \quad (7.1)$$

Дальнейшее заполнение граф 4 и 5 осуществляется последовательно сверху вниз, при этом раннее начало последующих работ определяется по формуле (6.2).

Расчёт параметров сетевого графика в табличной форме

Номера началь- ных событий предшествующих работ	Шифры работ <i>i-j</i>	t_{i-j}	T_{i-j}^{PH}	T_{i-j}^{PO}	T_{i-j}^{PH}	T_{i-j}^{PO}	R_{i-j}	r_{i-j}	Кален- дарные даты начала работ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	1-2	7	0	7	0	7	0	0	18.07
1	2-3	6	7	13	8	14	1	0	27.07
1	2-4	4	7	11	7	11	0	0	27.07
2	3-5	0	13	13	14	14	1	0	04.08
2	3-8	3	13	16	14	17	1	0	04.08
2	4-5	0	11	11	14	14	3	2	02.08
2	4-7	8	11	19	11	19	0	0	02.08
3, 4	5-6	3	13	16	14	17	1	0	04.08
5	6-7	0	16	16	19	19	3	3	09.08
5	6-8	0	16	16	17	17	1	0	09.08
4, 6	7-9	3	19	22	19	22	0	0	12.08
3, 6	8-9	5	16	21	17	22	1	1	09.08
7, 8	9-10	2	22	24	22	24	0	0	17.08
	Соб. 10		24						19.08

$$T_{i-j}^{PH} = \max T_{h-i}^{PO}. \quad (7.2)$$

Так, раннее начало работы 2-3 равно 7, а для работы 5-6 раннее начало равно 13 – максимальному из ранних окончаний предшествующих работ 3-5 и 4-5.

Ранние начала работ, выходящих из одного события, равны между собой. Раннее начало завершающего события равно величине критического пути, которая в рассматриваемом примере равна 24 дням.

На *третьем этапе* производится расчёт поздних начал и окончаний работ (заполняются соответственно графы 6 и 7). Расчёт ведётся от завершающего события к исходному (снизу вверх).

Позднее окончание завершающих работ равно продолжительности критического пути или максимальному значению из ранних окончаний работ, входя-

щих в завершающее событие графика (для работы 9-10 – 24 дня). Поздние начала работ определяются по формуле (7.3).

$$T_{i-j}^{PH} = T_{i-j}^{PO} - t_{i-j}. \quad (7.3)$$

Так, для работы 9-10 $T_{9-10}^{PH} = 24 - 2 = 22$ дня.

Дальнейшее заполнение граф 6 и 7 осуществляется последовательно снизу вверх, при этом позднее окончание работ определяется по формуле (7.4).

$$T_{i-j}^{PO} = \min T_{j-k}^{PH}. \quad (7.4)$$

Так, для работы 8-9 $T_{8-9}^{PO} = 22$ дня, а для работы 5-6 позднее окончание равно минимальному из поздних начал работ 6-7 и 6-8, т.е. 17 дням.

На *четвёртом этапе* рассчитываются общие (полные) и частные (свободные) резервы времени, соответственно, по формулам (7.5) и (7.6).

$$R_{i-j} = T_{i-j}^{PO} - T_{i-j}^{PO} = T_{i-j}^{PH} - T_{i-j}^{PH}. \quad (7.5)$$

$$r_{i-j} = T_{j-k}^{PH} - T_{i-j}^{PO}. \quad (7.6)$$

Так, для работы 1-2 $R_{1-2} = T_{1-2}^{PO} - T_{1-2}^{PO} = T_{1-2}^{PH} - T_{1-2}^{PH} = 7 - 7 = 0 - 0 = 0$;
 $r_{1-2} = T_{2-3}^{PH} - T_{1-2}^{PO} = 7 - 7 = 0$.

На *пятом этапе* определяют работы, лежащие на критическом пути. У этих работ одноименные ранние и поздние параметры равны между собой, а общий и частный резервы равны нулю.

Затем осуществляется проверка правильности расчёта сетевого графика:

- критический путь от исходного события до завершающего должен быть непрерывным. В нашем случае он проходит через работы 1-2, 2-4, 4-7, 7-9, 9-10;
- разница между поздним и ранним началами работы должна быть равна разнице между поздним и ранним окончаниями работы;
- частный резерв должен быть меньше или равен общему резерву времени.

Шестой этап – определение календарных дат ранних начал работ. Существуют разные приемы для их установления. В частности, сделать это можно с помощью составленной на весь период строительства таблицы 7.2. Если принять дату начала строительства 18 июля 2022 года, то привязка графика к календарным датам будет иметь вид, приведённый в графе 10 табл. 7.1.

Вспомогательная таблица для привязки графика к календарным датам

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	18.07	19.07	20.07	21.07	22.07	25.07	26.07	27.07	28.07	29.07
1	01.08	02.08	03.08	04.08	05.08	08.08	09.08	10.08	11.08	12.08
2	15.08	16.08	17.08	18.08	19.08					

Зная значение раннего начала работы, можно легко определить календарную дату. Например, для работы 3-5, имеющей $T_{3-5}^{PH} = 13$ дней, находим календарную дату её начала на пересечении строки «1» и колонки «3» – 4 августа 2022 года.

Задание № 8. Графический метод расчёта параметров сетевого графика

При расчёте непосредственно на графике его вычерчивают с увеличенными размерами событий, каждое из которых делится на четыре сектора (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Содержание секторов событий при расчёте на графике

Графический способ является универсальным и характеризуется большой наглядностью. Расчёт ведётся в несколько этапов. Рассмотрим расчёт сети, приведённой на рис. 7.1.

Предварительно на модели (рис. 8.2) в верхнем секторе проставляют номера событий, а над стрелкой – продолжительности работ.

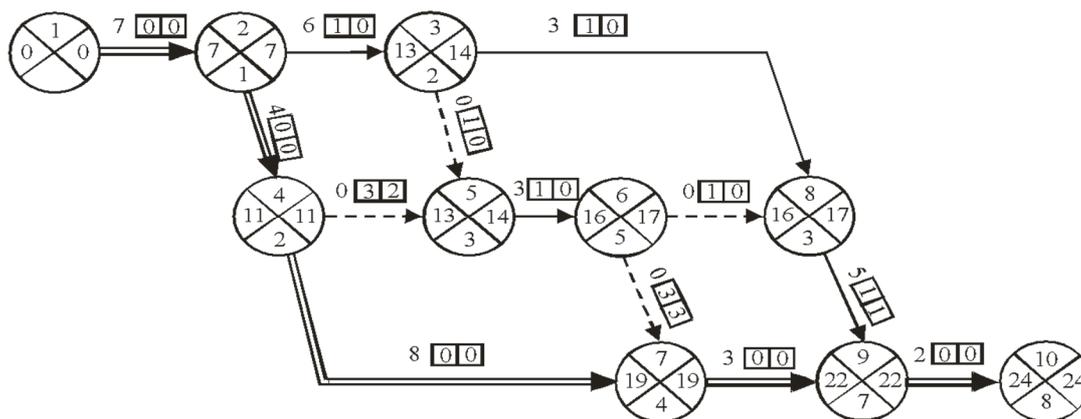


Рис. 8.2. Расчёт на графике

Затем определяют ранние начала работ. При определении ранних начал работ расчёт ведётся слева направо от исходного события к завершающему. За величину раннего начала принимается наибольшая продолжительность из всех путей, ведущих к данному событию.

Раннее начало работ, выходящих из события «1», равно нулю; затем определяем ранний срок начала работ 2-3 и 2-4. $T_{2-3}^{PH} = T_{2-4}^{PH} = 0 + 7 = 7$ дн. Раннее начало записывается в левый сектор события «2». Одновременно в нижний сектор записывают номер начального события предшествующей работы, по которой проходит путь максимальной продолжительности от первого события модели до рассматриваемого. В данном случае это событие «1».

Аналогичным образом заполняются левый и нижний сектора всех событий, включая завершающее (событие «10»), левый сектор которого определит продолжительность критического пути: $t_{кр} = 24$ дня.

Второй этап – определение позднего окончания работ. Расчёт ведётся справа налево от завершающего к начальному событию графика; при этом заполняются правые сектора.

Для завершающего события «10» значение левого сектора переносят в правый, так как в последнее событие входит критическая работа, у которой позднее окончание будет равно величине критического пути.

Позднее окончание любой работы сетевого графика равно наименьшей разности поздних окончаний последующих работ и их продолжительности. Так, поздний срок окончания работы 7-9 равен $T_{7-9}^{ПО} = 22 - 3 = 19$ дн. Для работы 5-6 позднее окончание равно наименьшей разности из двух возможных: $T_{5-6}^{ПО} = 17 - 0 = 17$ дн., $T_{5-6}^{ПО} = 19 - 0 = 19$ дн. В правый сектор записываем «17». Аналогичным образом определяются поздние окончания остальных работ сетевого графика. Если вычисления выполнены правильно, то в правом секторе исходного события получится ноль.

На третьем этапе определяем резервы времени по ранее приведённым формулам (7.5) и (7.6). Так, для работы 9-10 резервы времени будут следующие: $R_{9-10} = 24 - (22 + 2) = 0$; $r_{9-10} = 24 - (22 + 2) = 0$.

На четвёртом этапе определяется критический путь, проходящий через события, у которых правые и левые сектора равны между собой, а резервы времени равны нулю.

Задание № 9. Расчёт параметров сетевого графика с определением потенциалов событий

Потенциал события t_i^n представляет собой величину наиболее продолжительного пути от данного события до завершающего, т.е. оставшуюся часть времени от данного события до окончания строительства.

Расчёт производится непосредственно на графике одним из следующих методов:

А. По СН 391-68

Над событием, в котором проставлен его порядковый номер, ставится крестообразный знак, в который заносятся расчётные параметры (рис. 9.1).

Основные положения при расчёте следующие:

- потенциал завершающего события равен нулю;
- потенциал любого события равен максимальному значению суммы

потенциала последующего события и продолжительностей работ, выходящих из рассматриваемого события:

$$t_i^n = \max(t_j^n + t_{i-j}) \quad (9.1)$$

– потенциал исходного события равен продолжительности критического пути.

Номер последующего события, через которое проходит путь наибольшей продолжительности от данного события до завершающего j .

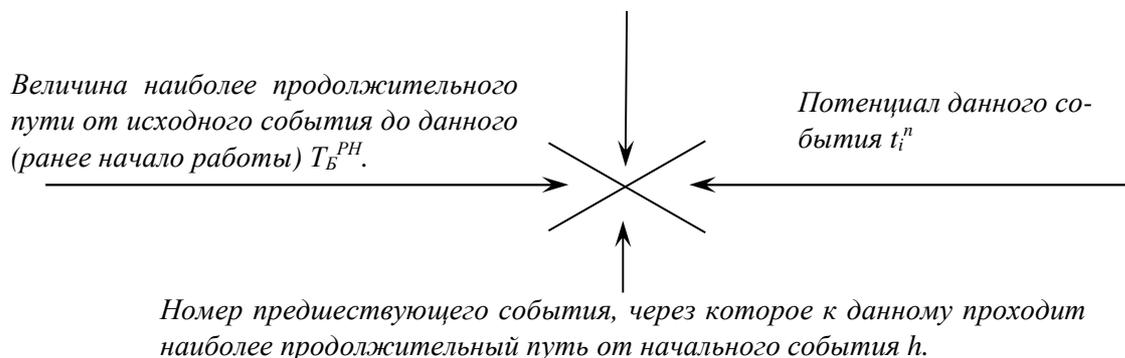


Рис. 9.1. Содержание записей над событием при расчёте с определением потенциалов событий по СН 391-68

Заполнение левого и нижнего секторов производится аналогично расчёту на графике – определяются ранние начала всех работ и продолжительность критического пути.

На следующем этапе обратным ходом – от завершающего события к исходному – рассчитываются потенциалы событий и заполняются правый и верхний сектора.

Резервы времени определяются по формулам:

$$R_{i-j} = t_{кр} - (t_j^П + t_{i-j} + T_{i-j}^{PH}), \quad (9.2)$$

$$r_{i-j} = T_{j-k}^{PH} - T_{i-j}^{PO} = T_{j-k}^{PH} - (T_{i-j}^{PH} + t_{i-j}). \quad (9.3)$$

Резервы времени записываются также как и при расчёте на графике – над работой. Пример расчёта на графике с определением потенциалов событий согласно СН 391-68 приведён на рис. 9.2.

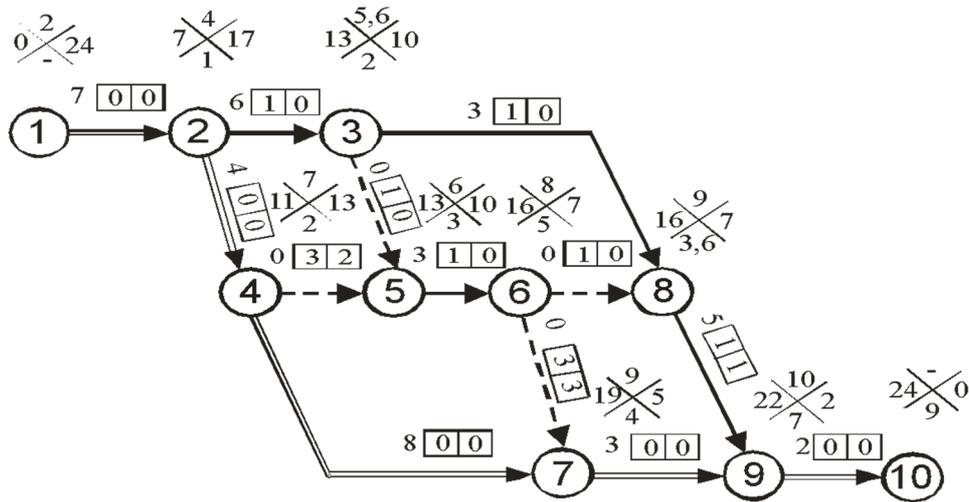


Рис. 9.2. Расчёт с определением потенциалов событий

При расчёте методом потенциалов, применяемым в строительной практике, график вычерчивают с увеличенными размерами событий, каждое из которых делится на четыре сектора (рис. 9.3).

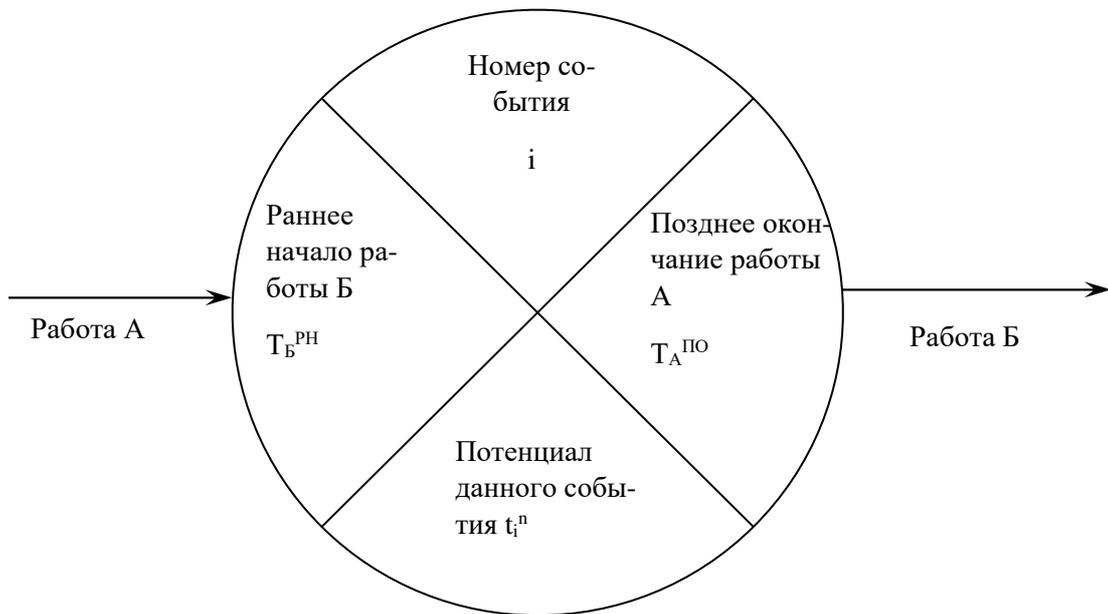


Рис. 9.3. Содержание секторов событий при расчёте методом потенциалов, применяемым в строительной практике

На первом этапе (рис. 9.4) заполняют верхний и левый сектора событий согласно правилам графического метода расчёта.

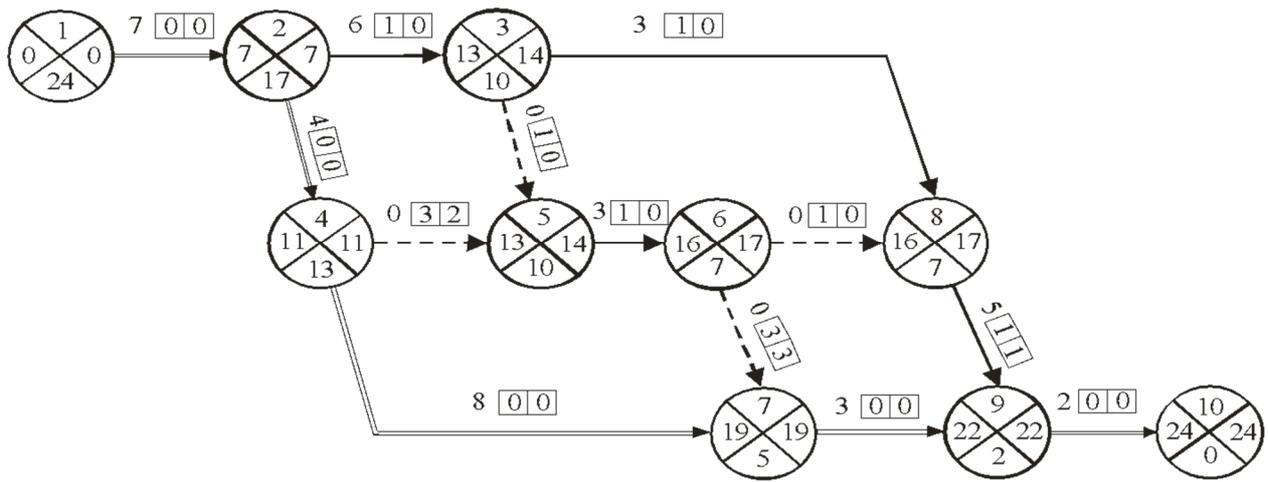


Рис. 9.4. Расчёт методом потенциалов, применяемым в строительной практике

Затем заполняют правый и нижний сектора работ, определяя потенциалы событий по формуле (9.1). Резервы времени определяют по формулам (9.2) и (9.3).

Задание № 10. Построение сетевого графика в масштабе времени

По сравнению с немасштабным, график, построенный в масштабе времени, более удобен при контроле за ходом выполнения работ. Построение сетевого графика в масштабе времени производят по ранним началам или поздним окончаниям работ. Построение масштабного сетевого графика (рис. 10.1) выполняется в следующей последовательности.

Снизу или сверху будущего графика вычерчивается календарная линейка, на которой указываются порядковые рабочие дни с привязкой их к календарным датам соответствующего месяца и года; все работы изображаются в масштабе времени, при этом начальное событие должно располагаться в соответствии со значением раннего начала работы, а величина проекции работы на ось времени принимается равной сумме её продолжительности и частного резерва времени.

Сначала изображаются работы, лежащие на критическом пути, продолжительность которых определяет срок строительства.

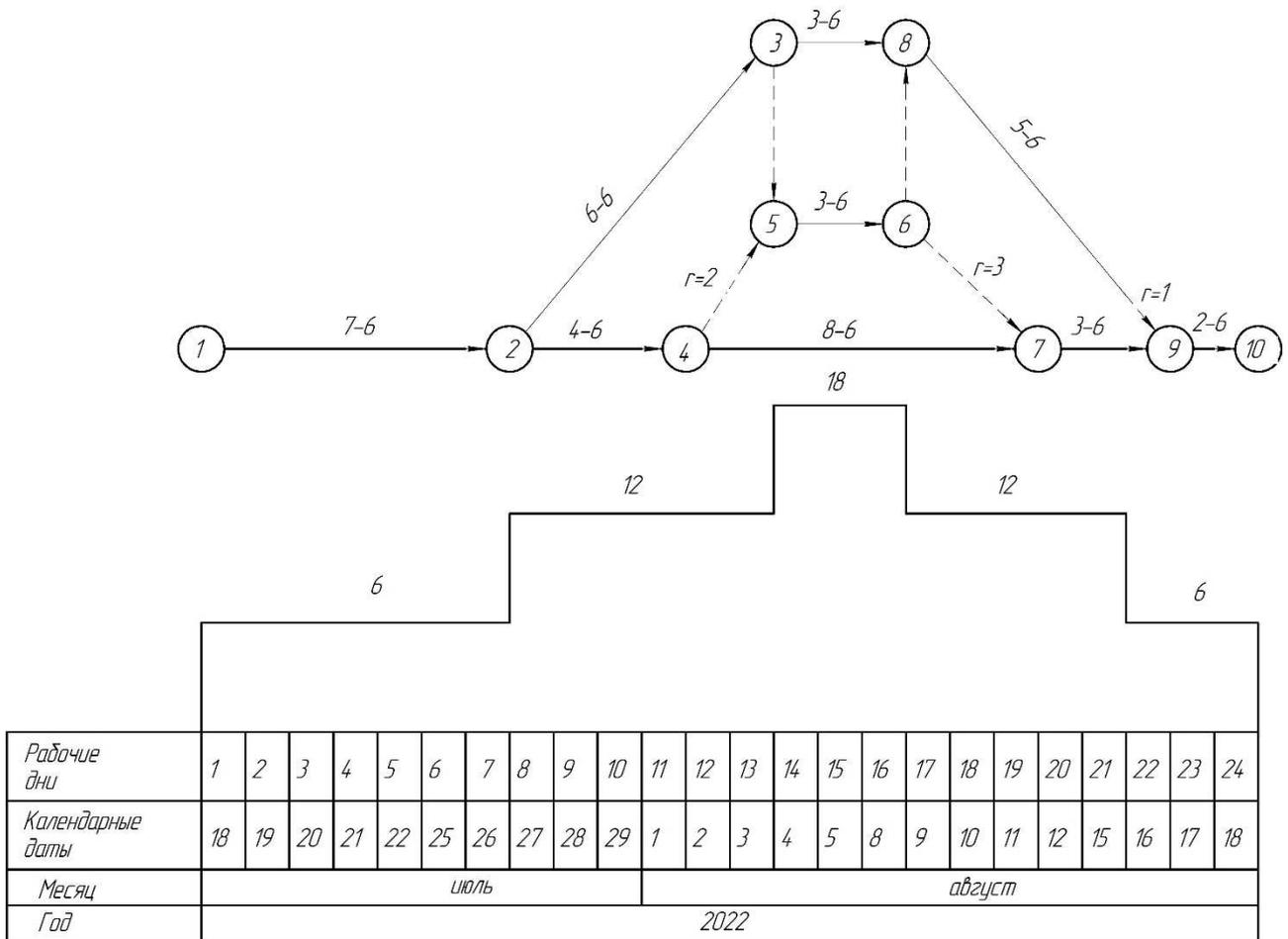


Рис. 10.1. Сетевой график в масштабе времени

Затем по порядку наносят остальные работы с частными резервами времени. Продолжительность работ изображают сплошной линией, а частный резерв – пунктирной линией. Например, работа 8-9 (рис. 10.1) продолжительностью 5 дней и частным резервом времени, равным одному дню, наносится от центра события 8 до центра события 9. Продолжительность работы 8-9, равная 5 дням, изображается сплошной линией, а частный резерв один день – пунктирной. Продолжительность работ и частных резервов времени указывают цифрами над работами, а под работами – их наименования.

По сетевому графику, составленному в масштабе времени, легко построить графики потребности рабочих в смену или день, так как на нём, рядом с продолжительностью работ указывается цифрами количество рабочих, выполняющих данный процесс. График потребности рабочих строится в произвольном масштабе в виде диаграммы.

Приложение А

Варианты для задания №1. Расчёт параметров кратноритмичного потока

Варианты	Наименование показателей					
	Количество захваток	Ритм работы бригады на земляных работах	Ритм работы бригады на устройстве песчаного основания	Ритм работы бригады на установке бортового камня	Ритм работы бригады на устройстве бетонной подготовки	Ритм работы бригады на асфальтировании покрытия
1	7	2	1	1	2	1
2	7	2	1	1	2	2
3	12	2	1	2	1	1
4	9	1	2	1	2	1
5	8	1	2	2	1	2
6	9	1	2	1	2	2
7	10	2	1	1	2	1
8	7	2	1	2	1	1
9	8	1	2	1	2	2
10	12	1	2	2	1	2
11	10	1	2	1	2	1
12	8	2	1	2	1	1
13	7	2	1	1	2	2
14	12	1	2	1	2	2
15	12	1	2	2	1	1
16	9	1	2	1	2	1
17	10	2	1	2	1	2
18	11	2	1	1	2	2
19	11	1	2	2	1	1
20	9	1	2	1	2	1
21	10	1	2	1	2	2
22	8	2	1	2	1	2
23	12	2	1	1	2	1
24	11	1	2	2	1	1
25	12	1	2	1	2	2
26	9	1	2	2	1	2
27	7	2	1	1	2	1
28	9	1	2	1	2	1
29	12	1	2	2	1	2
30	10	1	2	1	2	2

Приложение Б

Варианты для задания №2. Расчёт параметров неритмичных потоков

Варианты	Число захваток	Номер бригады	Ритм работы бригад на захватках							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8	1	2	1	2	2	2	1	3	2
		2	1	3	1	1	2	2	3	3
		3	2	2	2	1	1	1	3	2
2	7	1	2	3	1	2	1	2	2	
		2	3	3	2	1	3	1	2	
		3	2	3	1	2	2	1	1	
3	8	1	3	2	1	1	2	3	2	2
		2	3	3	2	3	1	1	2	1
		3	3	2	1	2	1	2	1	2
4	7	1	1	3	2	2	2	2	1	
		2	2	3	3	1	1	2	3	
		3	1	3	2	1	2	1	2	
5	8	1	3	2	1	2	2	1	3	2
		2	3	1	2	3	2	3	1	1
		3	3	1	1	2	1	2	2	2
6	7	1	1	3	2	2	2	2	1	
		2	2	3	1	2	3	1	3	
		3	1	3	1	1	2	2	2	
7	8	1	3	2	2	2	1	2	3	1
		2	3	1	2	1	2	3	1	3
		3	3	2	1	1	1	2	2	2
8	7	1	1	3	1	2	2	2	2	
		2	2	3	3	2	1	1	3	
		3	1	3	2	1	1	2	2	
9	8	1	2	1	3	2	3	2	1	2
		2	2	3	3	1	1	1	2	3
		3	1	2	3	2	2	1	1	2
10	7	1	1	3	2	1	2	2	2	
		2	2	3	1	3	1	2	3	
		3	1	3	2	2	1	1	2	
11	8	1	3	1	2	2	1	2	3	2
		2	3	3	2	1	2	3	1	1
		3	3	2	1	1	1	2	2	2
12	7	1	1	3	2	2	2	1	2	
		2	2	3	1	2	3	3	1	
		3	1	3	1	1	2	2	2	
13	8	1	2	2	3	2	1	2	3	1
		2	1	2	3	3	2	1	1	3
		3	2	1	3	2	1	1	2	2
14	7	1	1	1	2	3	2	2	2	
		2	3	2	3	3	1	2	1	
		3	2	1	2	3	1	1	2	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	8	1	1	2	3	2	2	2	3	1
		2	3	3	3	1	2	1	1	2
		3	2	2	3	1	1	2	2	1
16	7	1	2	3	2	2	1	2	1	
		2	3	3	1	2	2	1	3	
		3	2	3	1	1	1	2	2	
17	8	1	3	2	2	2	1	2	1	3
		2	3	3	2	1	3	1	2	1
		3	3	2	1	1	2	2	1	2
18	7	1	1	3	2	2	2	1	2	
		2	2	3	3	2	1	3	1	
		3	1	3	2	1	1	2	2	
19	8	1	2	1	3	2	1	2	3	2
		2	2	2	3	3	3	1	1	1
		3	1	1	3	2	2	1	2	2
20	7	1	2	2	1	3	2	2	2	
		2	1	2	3	3	3	1	1	
		3	2	1	2	3	2	2	1	
21	8	1	2	1	2	3	3	2	2	1
		2	1	3	2	1	3	3	1	2
		3	2	2	1	2	3	2	1	1
22	7	1	1	2	1	3	2	2	2	
		2	3	1	2	3	2	1	3	
		3	2	2	1	3	1	1	2	
23	8	1	1	3	3	2	2	2	1	2
		2	3	1	3	1	2	1	2	3
		3	2	2	3	1	1	2	1	2
24	7	1	2	3	1	2	2	1	2	
		2	1	3	2	2	1	3	3	
		3	2	3	1	1	1	2	2	
25	8	1	3	1	2	2	1	2	2	3
		2	3	3	2	1	2	3	1	1
		3	3	2	1	1	1	2	2	2
26	7	1	1	3	2	2	2	2	2	
		2	3	3	1	2	3	1	1	
		3	2	3	1	1	2	2	2	
27	8	1	2	1	3	2	2	1	2	3
		2	1	2	3	3	2	3	1	1
		3	1	1	3	2	1	2	2	2
28	7	1	1	2	2	3	1	2	2	
		2	2	1	3	3	3	2	1	
		3	1	1	2	3	2	1	2	
29	8	1	2	2	2	1	3	2	2	3
		2	1	3	1	3	3	1	2	1
		3	2	2	1	2	3	2	1	2
30	7	1	2	1	1	2	2	3	2	
		2	3	3	2	1	2	3	1	
		3	2	2	1	1	1	3	2	

Приложение В

Варианты для задания №3. Матричный способ расчёта параметров ритмичных потоков

Варианты	Наименование показателей					
	Количество захваток	Ритм работы бригады на земляных работах	Ритм работы бригады на устройстве песчаного основания	Ритм работы бригады на установке бортового камня	Ритм работы бригады на устройстве бетонной подготовки	Ритм работы бригады на асфальтировании покрытия
1	2	3	4	5	6	7
1	4	1	3	2	4	–
2	6	2	3	4	2	3
3	5	3	2	3	2	1
4	6	3	2	1	3	4
5	5	2	4	1	3	1
6	6	3	3	1	4	3
7	5	1	2	4	3	2
8	6	3	1	2	4	3
9	5	1	3	3	2	3
10	6	1	4	4	1	2
11	5	1	3	4	4	2
12	6	3	2	3	2	3
13	5	1	4	3	2	1
14	6	3	4	1	2	1
15	5	1	3	3	4	1
16	6	1	2	1	4	2
17	5	2	2	2	3	4
18	6	3	2	3	3	4
19	5	3	4	2	3	4
20	6	2	3	4	1	3
21	5	2	3	4	2	3
22	6	3	1	1	3	3
23	5	3	4	1	3	3
24	6	2	4	3	3	1
25	5	2	2	3	2	1
26	6	3	4	1	2	2
27	5	3	3	4	4	2
28	6	4	2	3	3	2
29	5	2	3	2	1	4
30	6	2	4	2	3	4

Приложение Г

Варианты для задания №4. Матричный способ расчета параметров неритмич-
НЫХ ПОТОКОВ

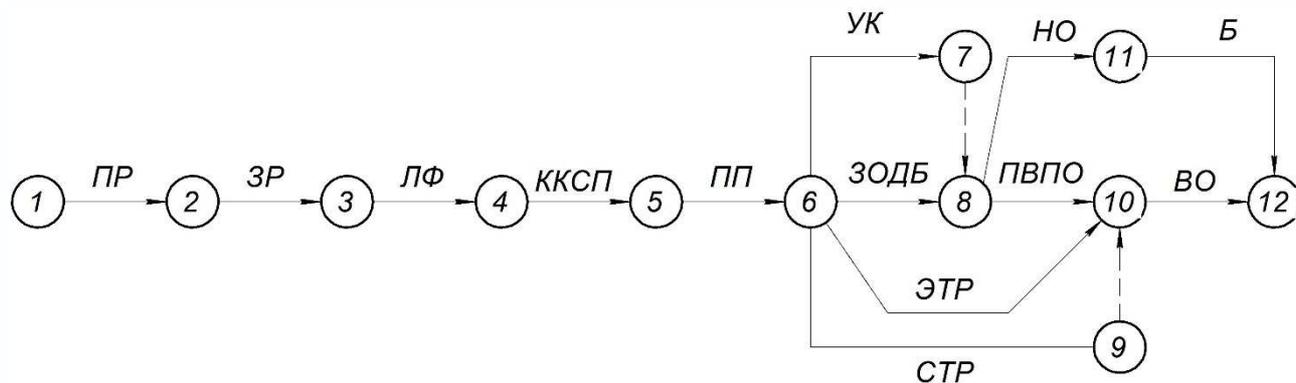
Вариан- ты	Номер бригады	Ритм работы бригад на захватках				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	1	1	
	2	4	2	2	1	
	3	2	4	3	1	
	4	2	1	2	4	
2	1	8	2	3	2	5
	2	3	5	7	5	1
	3	2	4	6	3	3
	4	2	2	8	2	2
3	1	3	8	2	4	2
	2	4	7	7	7	3
	3	2	6	4	1	2
	4	5	2	2	4	1
4	1	2	7	6	8	6
	2	6	2	2	7	3
	3	2	2	3	8	6
	4	5	3	6	4	1
5	1	3	5	2	3	4
	2	1	6	4	4	3
	3	2	3	1	1	2
	4	4	4	9	2	1
6	1	7	5	9	6	2
	2	2	6	3	7	3
	3	3	3	7	5	1
	4	2	8	4	4	4
7	1	5	4	6	4	4
	2	3	5	8	2	5
	3	4	2	4	3	2
	4	1	9	9	9	1
8	1	3	6	7	5	4
	2	2	8	8	6	4
	3	4	4	6	4	2
	4	2	6	5	3	3
9	1	5	3	7	6	4
	2	4	4	6	8	2
	3	3	1	5	6	6
	4	2	1	6	4	1
10	1	4	5	9	5	5
	2	3	8	7	4	4
	3	2	4	6	6	6
	4	5	7	9	3	3

Вариан- ты	Номер бригады	Ритм работы бригад на захватках				
		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
11	1	3	3	6	5	1
	2	2	5	9	3	5
	3	4	4	3	2	2
	4	2	4	5	4	3
12	1	6	6	5	5	7
	2	5	7	7	4	3
	3	1	6	6	3	5
	4	1	6	8	5	2
13	1	2	6	4	5	4
	2	6	5	5	4	3
	3	4	9	4	3	2
	4	3	7	3	3	4
14	1	1	4	8	2	3
	2	3	3	6	3	4
	3	2	2	7	4	5
	4	3	4	8	2	4
15	1	6	3	8	3	4
	2	7	4	7	2	5
	3	4	5	9	7	6
	4	2	6	6	4	2
16	1	4	7	3	7	3
	2	5	8	5	6	2
	3	2	5	4	9	4
	4	3	7	4	8	2
17	1	4	5	3	3	5
	2	3	4	7	9	4
	3	4	3	5	8	6
	4	5	5	8	9	2
18	1	1	2	5	6	3
	2	2	3	6	4	4
	3	1	4	4	3	2
	4	4	2	8	5	3
19	1	4	5	2	7	3
	2	3	2	5	6	4
	3	2	3	4	5	2
	4	4	3	4	8	2
20	1	4	4	7	3	2
	2	3	5	9	3	2
	3	2	7	8	4	3
	4	1	5	6	7	6

Вариан- ты	Номер бригад	Ритм работы бри- гад на захватках				
		1	2	3	4	5
1	3	4	5	6	7	8
21	1	2	5	7	5	3
	2	3	3	7	4	3
	3	2	4	6	3	2
	4	4	6	8	2	4
22	1	3	4	7	5	4
	2	2	5	7	3	5
	3	4	6	6	4	2
	4	2	3	9	4	3
23	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	7	5
	3	2	5	6	9	2
	4	2	6	7	5	1
24	1	6	7	9	4	6
	2	5	7	7	6	3
	3	3	6	9	3	2
	4	3	6	5	2	4
25	1	2	5	4	4	2
	2	5	2	7	1	3
	3	4	3	7	3	4
	4	4	1	4	2	2
26	1	3	3	4	3	7
	2	2	4	5	4	6
	3	3	6	9	3	2
	4	6	6	8	2	3
27	1	2	1	7	2	2
	2	1	3	9	2	1
	3	2	2	8	3	1
	4	3	2	5	3	1
28	1	5	5	7	3	2
	2	4	4	7	3	3
	3	2	3	6	3	5
	4	6	4	7	6	4
29	1	3	4	8	6	3
	2	4	2	5	6	4
	3	5	7	7	7	3
	4	6	4	8	6	2
30	1	5	5	6	8	8
	2	3	3	6	6	6
	3	4	4	7	4	2
	4	2	5	6	8	1

Приложение Д

Варианты для заданий №7, 8, и 9. Расчёт сетевого графика «Строительство одноэтажного административного здания».



ПР – подготовительные работы; ЗР – земляные работы; ЛФ – монтаж ленточного фундамента; ККСП – кладка кирпичных стен и перегородок; ПП – монтаж плит покрытия; УК – устройство кровли; ЗОДБ – заполнение проемов оконными и дверными блоками, остекление; СТР – санитарно-технические работы; ЭТР – электротехнические работы; ПВПО – подготовка внутренних поверхностей под отделку; НО – наружные отделочные работы; ВО – внутренние отделочные работы; Б – благоустройство.

Варианты	Продолжительность работ, дн.												
	ПР	ЗР	ЛФ	ККСП	ПП	УК	ЗОДБ	СТР	ЭТР	ПВПО	НО	ВО	Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	8	12	13	39	9	11	5	10	10	29	25	22	11
2	10	5	10	30	7	10	10	14	10	26	15	28	12
3	9	15	10	33	12	18	8	12	10	18	28	22	13
4	12	12	17	53	12	17	12	9	13	30	21	8	9
5	15	5	19	36	12	18	10	9	13	10	11	23	10
6	9	16	13	69	5	19	8	10	12	26	20	12	7
7	13	7	10	66	5	17	9	11	9	15	28	27	12
8	8	18	11	53	6	9	10	13	7	8	22	20	8
9	13	14	7	44	12	18	11	11	14	17	9	19	12
10	7	11	13	30	8	19	11	11	13	26	21	26	7
11	14	8	7	44	5	8	6	7	13	11	7	13	14
12	8	12	11	35	11	7	6	9	12	11	14	22	11
13	12	5	12	49	12	12	8	8	14	29	20	18	9
14	12	12	17	51	9	17	11	12	14	23	29	25	14
15	14	12	18	44	5	9	9	9	11	29	7	19	8
16	8	18	15	45	6	16	13	12	11	22	16	14	13
17	15	12	11	30	8	11	7	8	9	8	13	30	7
18	13	16	15	36	10	16	9	8	14	29	10	17	11
19	7	13	19	39	8	8	8	13	11	13	8	23	7
20	8	5	10	48	7	11	8	15	13	30	11	25	14
21	10	7	12	31	11	11	7	9	7	27	30	7	10
22	7	9	7	41	5	20	11	8	14	29	23	24	11

Окончание табл. Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
23	15	15	18	61	12	17	12	12	9	10	10	15	20
24	15	19	17	51	11	19	11	12	12	13	19	11	23
25	7	14	16	58	6	7	11	15	13	18	27	17	23
26	11	15	18	60	7	7	8	9	14	23	11	25	17
27	14	11	20	68	6	16	12	14	12	20	25	23	28
28	10	19	10	43	7	11	10	7	9	12	17	23	25
29	14	12	14	52	12	7	5	10	12	26	26	23	30
30	12	7	14	55	11	11	9	7	12	11	7	25	17

Содержание

Задание № 1. Расчёт параметров кратноритмичного потока	4
Задание № 2. Расчёт параметров неритмичных потоков	7
Задание № 3. Матричный способ расчёта параметров ритмичных потоков	11
Задание № 4. Матричный способ расчёта параметров неритмичных потоков	14
Задание № 5. Оптимизация неритмичных потоков с целью сокращения сроков строительства	17
Задание № 6. Оптимизация неритмичных потоков с устройством перерывов в работе строительных бригад	21
Задание № 7. Расчёт параметров сетевого графика в табличной форме	27
Задание № 8. Графический метод расчёта параметров сетевого графика	30
Задание № 9. Расчёт параметров сетевого графика с определением потенциалов событий	32
Задание № 10. Построение сетевого графика в масштабе времени	35
Приложение А	37
Приложение Б	38
Приложение В	40
Приложение Г	41
Приложение Д	43

Хавин Дмитрий Валерьевич
Никифоров Алексей Николаевич
Ноздрин Владислав Владимирович
Башева Анна Вячеславовна
Горбунов Сергей Владимирович
Табунов Иван Валерьевич

Организация строительного производства

Практикум

Учебно-методическое пособие
для проведения практических занятий по направлению подготовки 08.03.01
Строительство