

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

---

# **ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Методические указания к выполнению расчетно-  
графических работ по дисциплине «Организация,  
управление и планирование строительного  
производства»**

*для студентов специальности 270102  
«Промышленное и гражданское строительство»*

МОСКВА 2010

**Разработаны профессором кафедры ТОУС  
Московского государственного строительного  
университета *СБОРЩИКОВЫМ С.Б.***

**Рецензент – профессор, д.т.н. *ПАВЛОВ А.С.***

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В проекте организации строительства (ПОС) и проекте производства работ (ППР) календарные графики являются основой планирования строительства как комплексов зданий и отдельных объектов так выполнения отдельных видов работ.

При планировании строительстве применяются следующие календарные планы и графики:

- 1) сводный календарный план строительства в составе ПОС;
- 2) календарные планы строительства отдельных объектов, входящие в состав ППР;
- 3) графики выполнения отдельных строительно-монтажных работ (процессов), составляемые при разработке технологических карт;
- 4) план выполнения производственной программы работ строительной организации в составе проекта организации работ (ПОР).

Все указанные виды календарных планов и графиков должны быть увязаны между собой таким образом, чтобы сроки выполнения отдельных строительно-монтажных работ (СМР), указанные в часовых графиках, совпадали со сроками их выполнения в объектных календарных планах, а сроки возведения отдельных объектов соответствовали срокам начала и окончания работ, предусмотренных в сводных календарных планах.

*Сводный календарный план строительства в составе ПОС* определяет очередность, сроки начала и окончания возведения отдельных объектов и строительства в целом. По сводному календарному плану устанавливают: потребность в рабочих кадрах и материально-технических ресурсах (материалах, деталях, конструкциях, строительных машинах и оборудовании, транспортных средствах) во времени; сроки поставки технологического, энергетического и прочего оборудования. Кроме того, в сводном календарном плане устанавливают сроки проведения подготовительных и общеплощадочных работ, определенные по календарному плану выполнения работ подготовительного периода.

*Календарный план строительства отдельного объекта в составе ППР* устанавливает последовательность и сроки выполнения работ на данном объекте, служит средством повседневного контроля за ходом производства, является основанием для разработки оперативных планов работ, планов завоза

материалов, деталей и конструкций. В таких календарных планах намечаются сроки начала и продолжительность выполнения работ по монтажу технологического оборудования.

Для составления календарного плана строительства объекта необходимо иметь его рабочие чертежи, определить сроки возведения на основании нормативов или сводного календарного плана строительства в составе ПОС, иметь данные строительных изысканий, а также сведения о сроках поступления материалов на строительство.

*Графики производства работ в составе технологических карт* составляются главным образом для монтажа сборных конструкций зданий и сооружений; в них определяется сроки и последовательность установки в проектное положение отдельных сборных элементов. На графиках производства работ в соответствии с ЕНиР указывается трудоемкость и время работы машин, необходимое для установки каждого элемента, а также состав бригады.

*Календарный план выполнения производственной программы работ строительной организации в составе ПОР* разрабатывается на годовой (двухлетний) период времени в составе организационно-технических мероприятий строительной организации по выполнению программы работ и устанавливает последовательность и сроки выполнения отдельных видов работ и их взаимную увязку во времени, при которых обеспечивается полная загрузка и ритмичная работа строительной организации в течение длительного периода времени, равномерный или своевременный ввод зданий и сооружений в эксплуатацию, комплексность застройки и благоустройства территории.

Для построения календарных планов могут применяться следующие модели: *циклограммы; матрицы; линейные графики; сетевые графики*

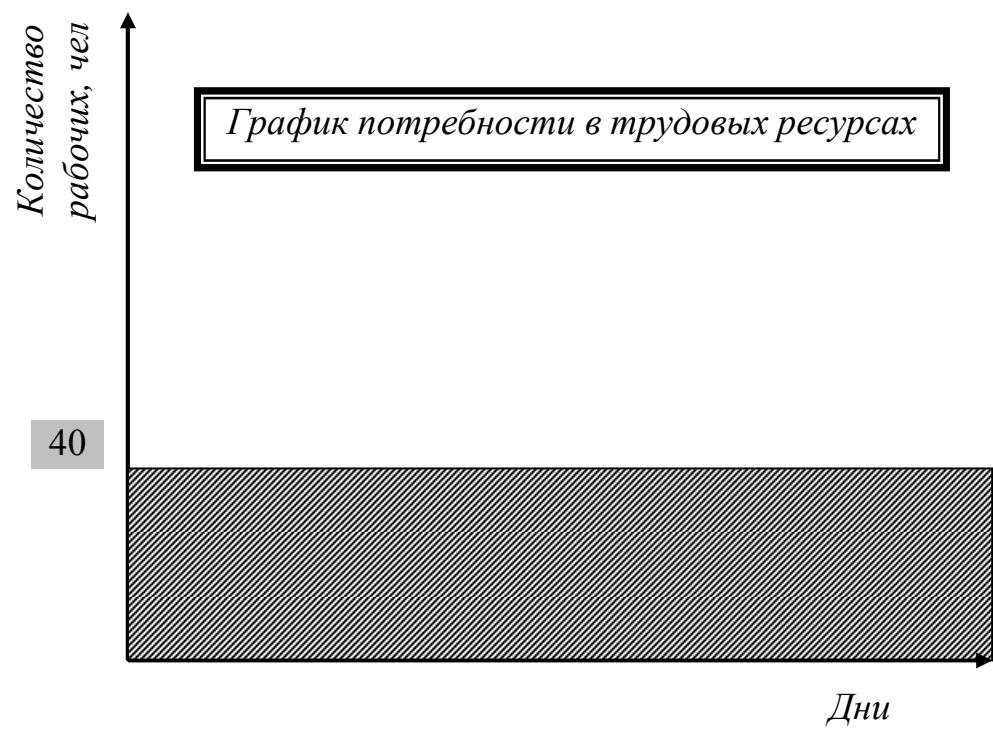
## **2. ПОСТРОЕНИЕ ЦИКЛОГРАММ**

### **2.1. Способы производства работ**

Выполнение любой программы работ может осуществляться последовательным параллельным или поточным способами.

На *рис. 2.1.* показан график производства работ последовательным методом, который характеризуется тем, что все работы программы выполняются последовательно. Принимая условно длительность производства всех работ 10 рабочих дней, трудоемкость каждого процесса 400 чел.-дн., получаем, что количество рабочих на каждой работе составит 40 человек. Такая организация выполнения программы работ имеет следующие особенности: сравнительно большая продолжительность работ, прерывное выполнение однотипных операций в составе работ, но концентрация ресурсов имеет относительно низкую интенсивность.

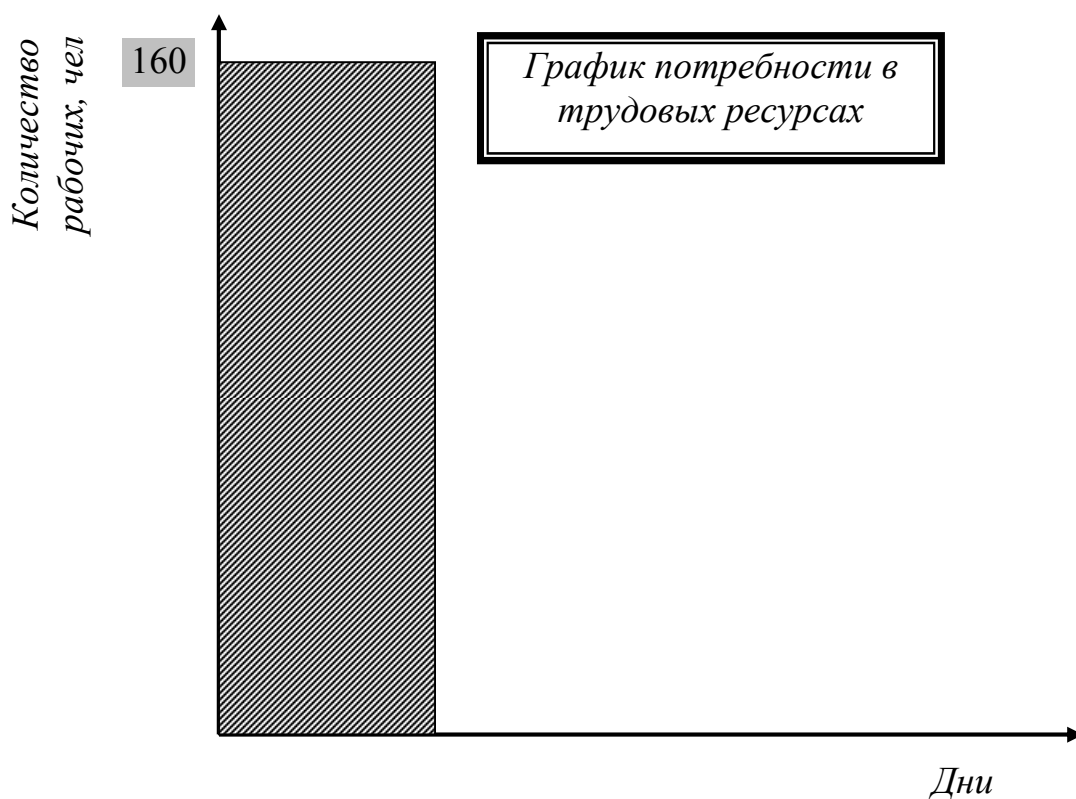
№ работ	Трудоемкость, чел.-дн.	Продолжительность, дн.	Количество рабочих, чел.	Рабочие дни																			
				1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28	29-30	31-32	33-34	35-36	37-38	39-40
1	400	10	40	■	■	■	■	■															
2	400	10	40						■	■	■	■	■	■									
3	400	10	40											■	■	■	■	■					
4	400	10	40																■	■	■	■	■



**Рис. 2.1.** Графики производства работ и расходования ресурсов при последовательном методе

При параллельном методе все однотипные работы, входящие в программу выполняются одновременно (рис.2.2.). Такая организация производства требует наибольшего сосредоточения ресурсов, но характеризуется наименьшей общей продолжительностью, которая равна времени выполнения одной работы.

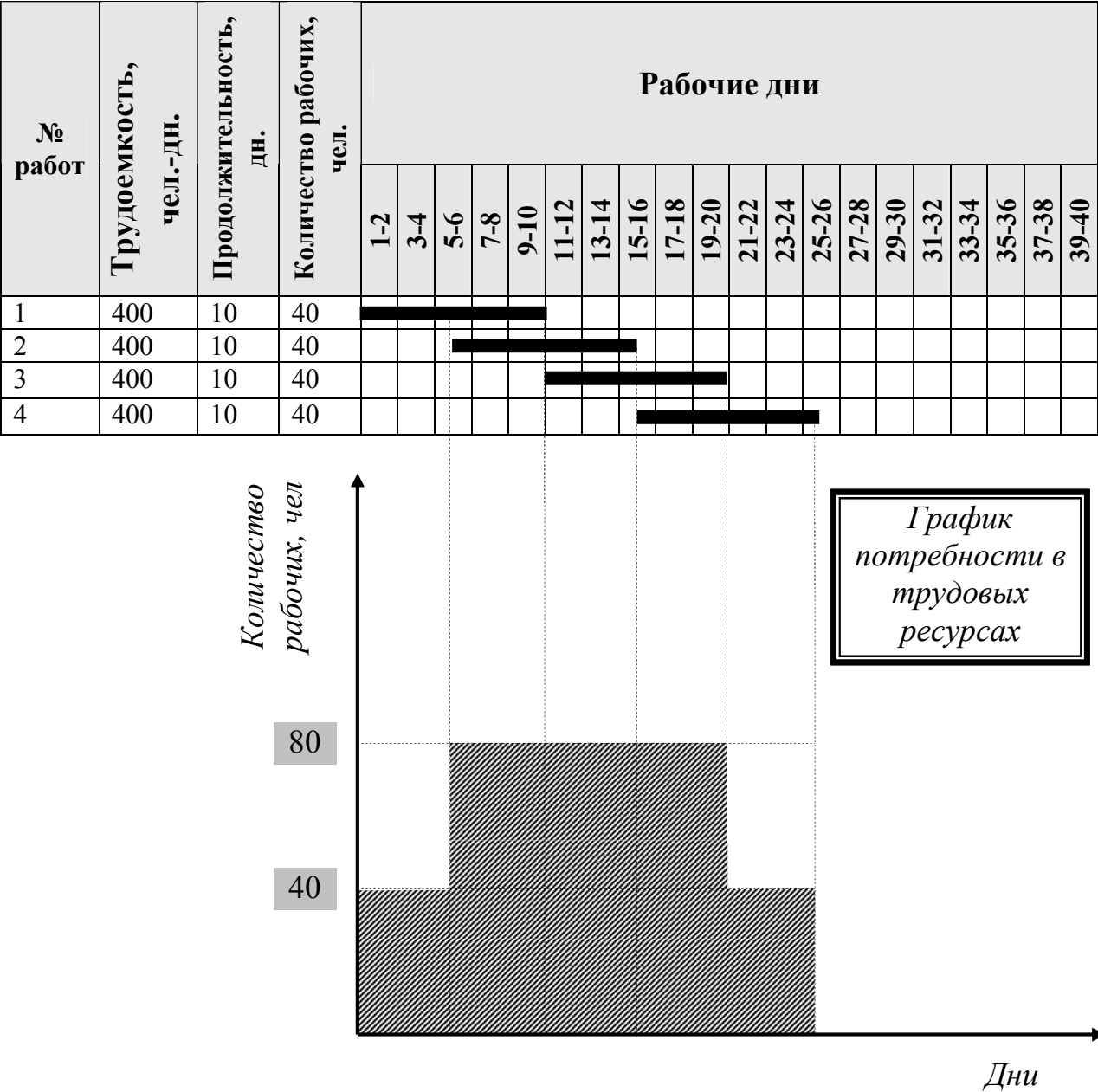
№ работ	Трудоемкость, чел.-дн.	Продолжительность, дн.	Количество рабочих, чел.	Рабочие дни															
				1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28	29-30	31-32
1	400	10	40	■	■	■	■	■											
2	400	10	40	■	■	■	■	■											
3	400	10	40	■	■	■	■	■											
4	400	10	40	■	■	■	■	■											



**Рис. 2.2.** Графики производства работ и потребности в ресурсах при параллельном методе

При поточном методе производства все работы разделяются на несколько составных частей. Для каждой из которых назначают по возможности одинаковую продолжительность, и совмещают выполнение этих частей во времени, обеспечивая тем самым последовательное осуществление однотипных

работ и параллельное – разнотипных. На *рис.2.3.* показан случай поточного производства работ с разбивкой работы на две равные по продолжительности части.



**Рис. 2.3.** График производства работ и потребности в ресурсах при поточном методе

При поточном методе требуется меньше времени, чем при последовательном, меньше количество одновременно потребляемых ресурсов, чем при параллельном, равномерно потребляются однородные материально-технические ресурсы, и загружается специализированный транспорт, а рабочие постоянно выполняют одни и те же работы.

Поэтому для создания потока необходимо:

1 расчленить сложный производственный процесс на составляющие процессы;

2 разделить труд между исполнителями и закрепить за ними эти процессы;

3 назначить очередность выполнения работ таким образом, чтобы максимально совместить выполнение разнотипных работ во времени и пространстве, т.е. осуществить их технологическую увязку.

## **2.2. Классификация и параметры потоков**

Потоки классифицируют:

1. *По структуре и виду продукции*: частные и специализированные.

2. *По характеру ритмичности*: ритмичные, разноритмичные и неритмичные потоки.

Ритмичный поток – поток, в котором все составляющие потоки имеют единый ритм, т.е. продолжительность выполнения работ одинакова.

Разноритмичный поток – поток, в котором составляющие его потоки имеют одинаковые ритмы однотипных работ и различные ритмы разнотипных.

Неритмичный поток – поток, в котором продолжительность выполнения каждой отдельной работы неодинакова.

3. *По продолжительности*: кратковременные (до 1 года) и долгосрочные (более 1 года) потоки.

Потоки характеризуются определенными параметрами, которые подразделяются на следующие группы:

- пространственные;
- технологические;
- временные.

Пространственные параметры определяются организационно-пространственными модулями, принятыми в той или иной сфере материального производства. В строительном производстве – это участки, захватки, ярусы и т.д.

Основными технологическими параметрами являются:

- число частных или специализированных потоков;
- объемы работ в натуральном и денежном выражении;

– трудоемкость работ – показатель затрат рабочего времени на производство единицы продукции или на выполнении определенной технологической операции (в человеко-часах);

– интенсивность (или мощность) потока – количество продукции в натуральных показателях, выпускаемой потоком за единицу времени.

Основными временными параметрами являются:

– шаг потока;

– ритм потока (для ритмичных потоков) – промежуток времени между выпуском двух очередных изделий.

– период развертывания (продолжительность технологического цикла)-интервал времени между началом первого и завершающего процессов, выполняемых для выпуска продукции.

– период свертывания – период времени между завершением первого и последнего процессов, необходимых для выпуска продукции.

– период выпуска готовой продукции – промежуток времени между началом и концом завершающего процесса

– период устойчивой работы – период максимального сосредоточения (потребления) ресурсов.

– организационный перерыв – перерыв в работе двух смежных потоков вводимых для избежания простоев.

– технологический перерыв – перерывы в работе, которые обусловлены особенностями технологии и техникой безопасности.

## 2.3. Основные закономерности потоков

Для определения основных закономерностей организации работ поточным методом введем следующие обозначения:

$T$  - продолжительность ритмичного потока,  $дн$ ;

$m$  – число организационно-пространственных модулей (захваток),  $шт$ ;

$n$  – количество выполняемых процессов в потоке или число видов работ,  $шт$ ;

$t$  – продолжительность выполнения работы (процесса) на одном организационно-пространственном модуле (захватке),  $дн$ ;

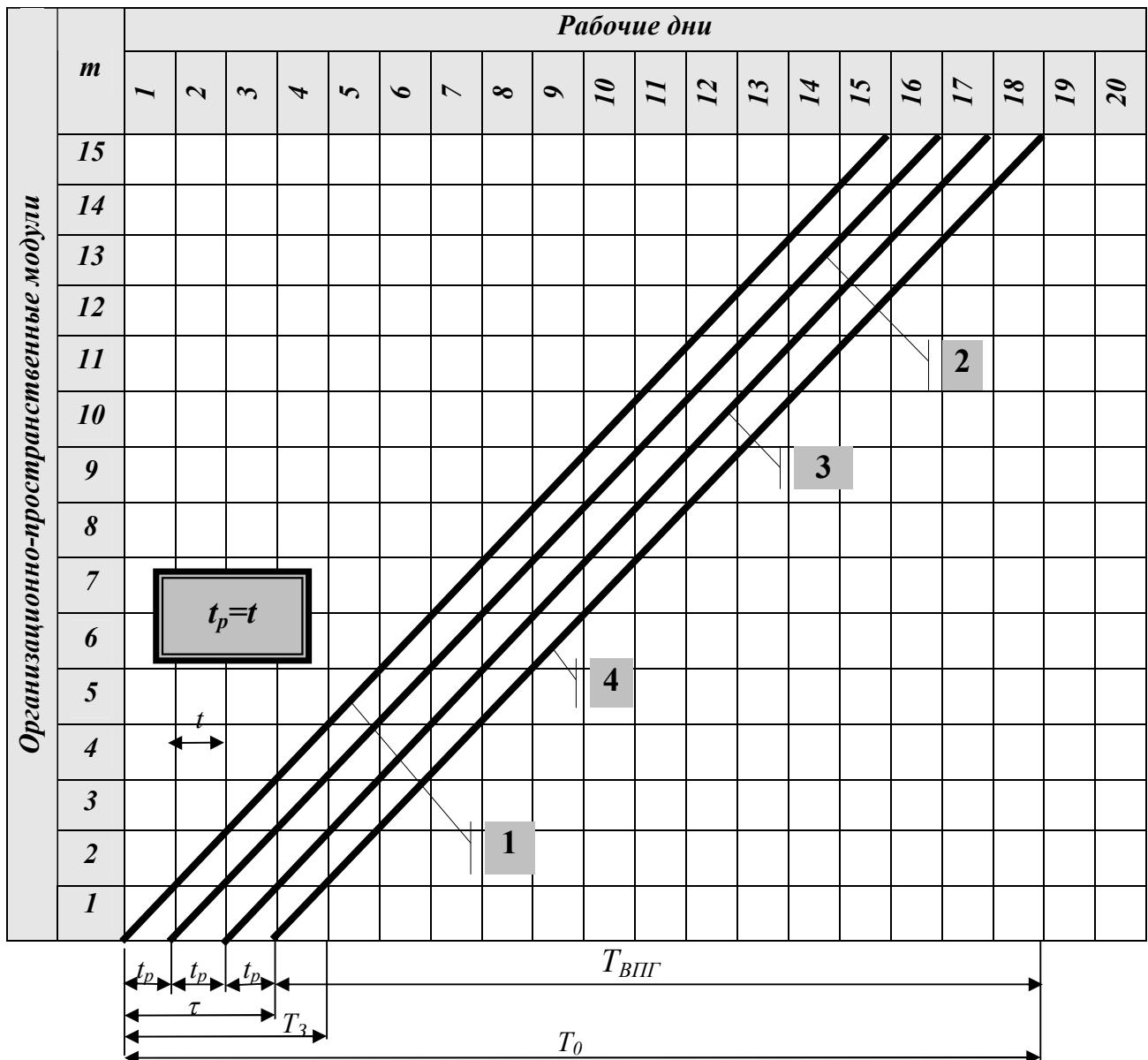
$\tau$  - период развертывания потока,  $дн$ ,  $\tau = (n - 1) \cdot t_p$

$t_p$  – период включения в работу частного потока (шаг потока),  $дн$ .

а)



б)



**Рис. 2.4.** Графики ритмичного потока

а – линейный график; б – циклограмма; 1,2,3,4 – номера частных потоков

Период выпуска готовой продукции  $T_{вип} = m \cdot t_p$ , т.к. в ритмичных потоках  $t_p = t$ .

Производственный цикл  $T_3$  – время, в течение которого ведутся работы до момента получения готовой продукции:  $T_3 = n \cdot t_p$ .

Используя эти понятия и обозначения, продолжительность ритмичного потока можно выразить следующими формулами:

$$T = T_3 + (m - 1) \cdot t_p;$$

$$T = \tau + T_{вип} = \tau + m \cdot t_p;$$

$$T = (m + n - 1) \cdot t_p.$$

При проектировании потоков учитывают также возможные технологические  $t_T$  и организационные  $t_o$  перерывы.

Увязку потоков осуществляют непосредственно на графике (циклограмме) или расчетным методом. Цель этой процедуры максимальное совмещение частичных потоков во времени и пространстве.

Самый простой случай организации поточного производства – ритмичный поток (см. рис. 2.4.). Так увязка производится путем включения последующей операции сразу после окончания предыдущей на данном организационно-пространственном модуле (ОПМ). По той причине, что выполняемые процессы имеют одинаковую продолжительность, перерывов в работе нет.

Другой случай поточного производства – разноритмичный поток, из-за различия в трудоемкости, для выполнения одной группы процессов может быть принят один ритм, а для другой группы другой (рис. 2.5.).

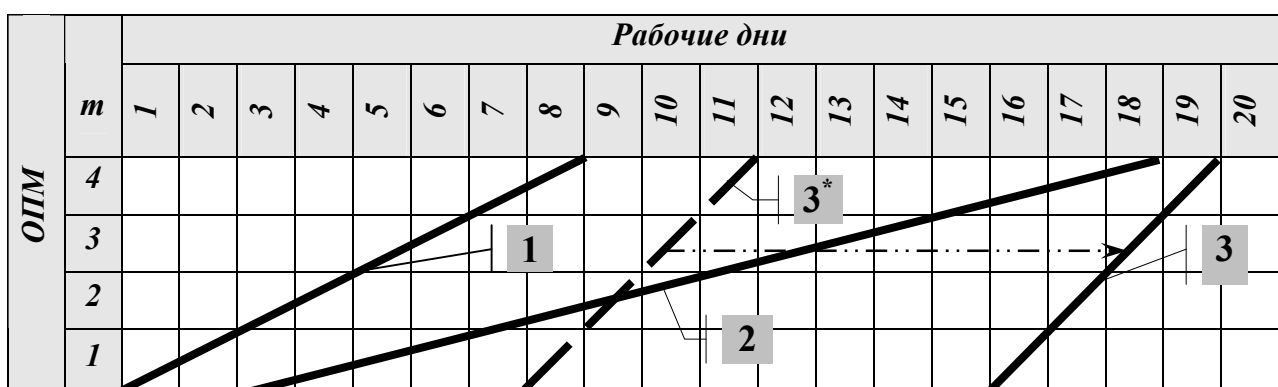


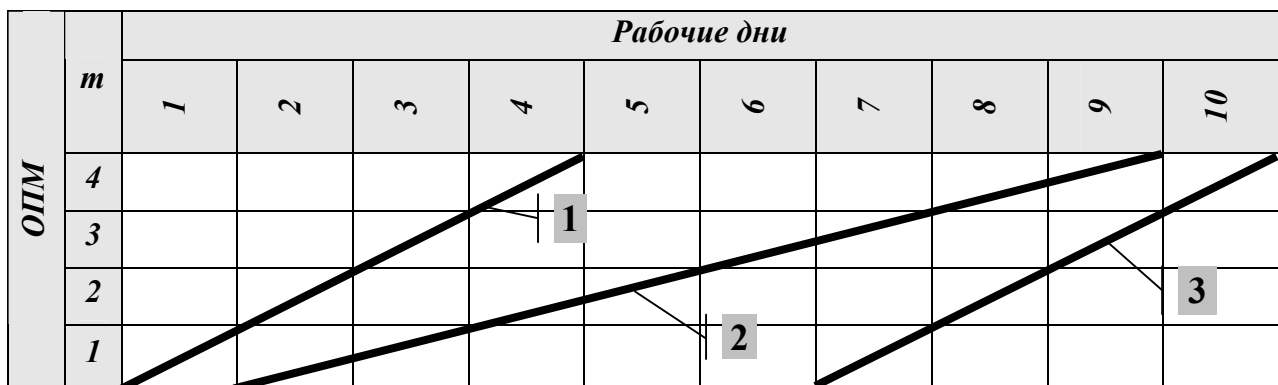
Рис. 2.5. Циклограмма разноритмичного потока:

1,2,3 – номера частных потоков

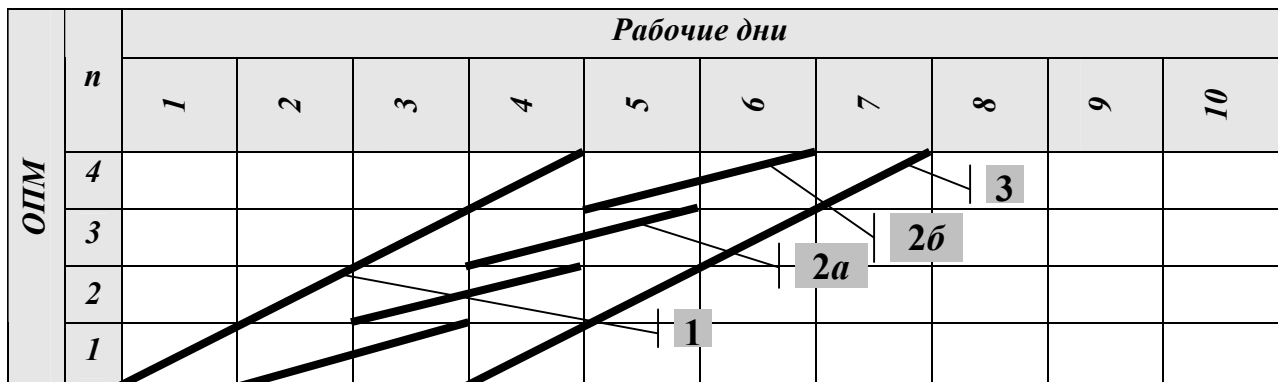
Увязка процессов в поток происходит следующим образом. Первая операция имеет ритм 1дн. и её общая продолжительность составит 4дн. Вторая

работа поскольку её ритм 4 *дн.* и общая продолжительность – 16*дн.* включается в поток сразу после завершения работ на первом организационно-пространственном модуле. Третья операция, т.к. её ритм меньше чем ритм предыдущей работы, включается в работу лишь после того, как закончатся работы предшествующей операции на последнем организационно-пространственном модуле. Это вызвано тем, что только в таком случае в работе №3 не будет перерывов связанных с отсутствием необходимого количества входной продукции, которая является результатом работы №2.

а)



б)



**Рис.2.6.** Циклограмма потока с кратным ритмом:

*1,2,3 – номера частных потоков*

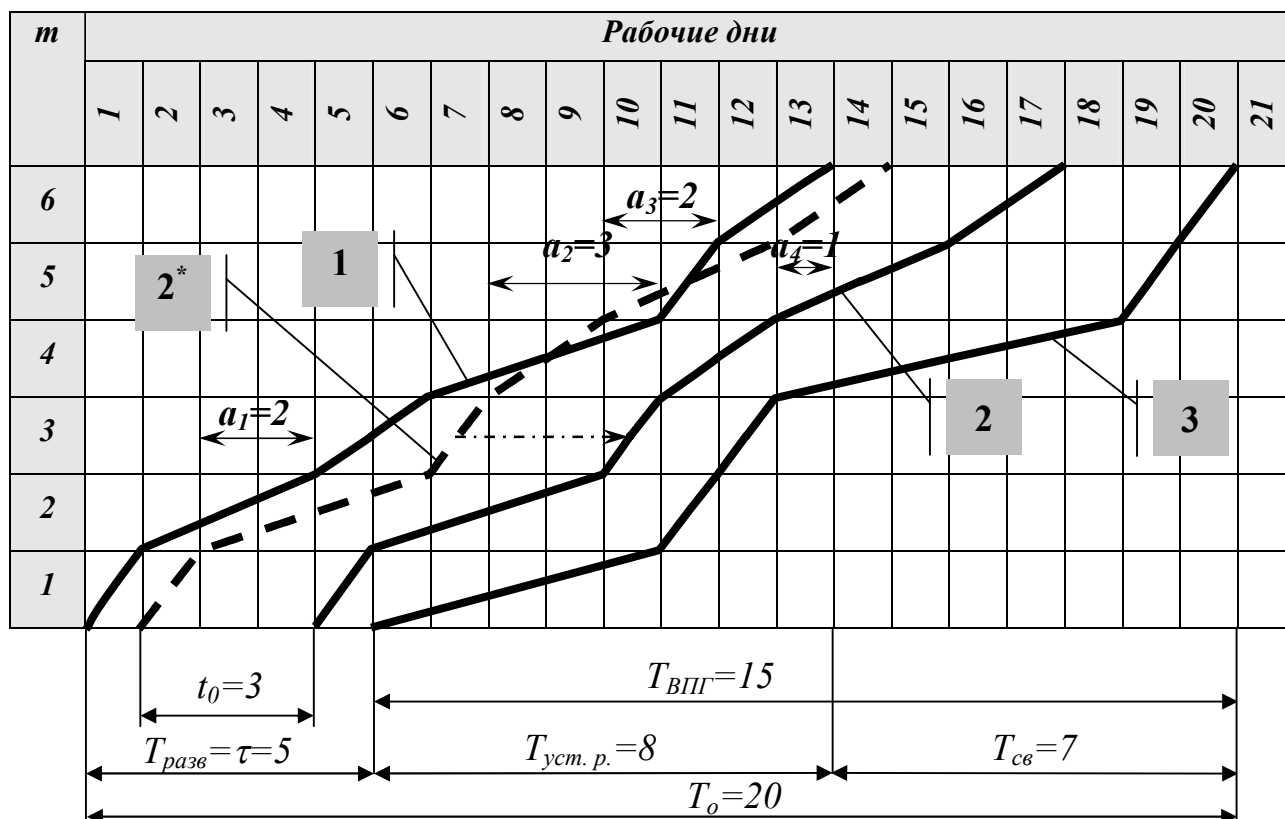
Частным случаем разноритмичного потока является поток с кратным ритмом (см. рис. 2.6.а.). Увязка процессов происходит довольно просто аналогично рассмотренному выше примеру (см. рис. 2.5.). Для того чтобы избежать простоев между частными потоками, можно увеличить численность

рабочих на процессах, имеющих большую продолжительность и тем самым уравнивать ритмы по наименьшему значению. Но в некоторых случаях этого достичь не удастся, например, ограничена производительность оборудования, машин, механизмов, размеры организационно-пространственного модуля не позволяют разместить на нем дополнительные средства производства и трудовые ресурсы и т.д. В этом случае возможны два варианта организации поточного производства. *Первый вариант*: уравнивать все частные потоки по ритму того, который имеет наибольшую продолжительность. Недостаток его в том, что при такой организации сохраняется большая продолжительность работ. *Второй вариант*: проектируют частные потоки таким образом, чтобы у них были кратные ритмы. После чего работу с наибольшей продолжительностью разбивают на несколько частей, которые выполняют разные коллективы рабочих (например: бригады). В рассматриваемом примере (рис.2.6.б.) кратность частных потоков равняется двум, следовательно, работу №2, имеющую наибольшую продолжительность, разбивают на две равные части, ритм которых не изменяется. Они организованы в два параллельных потока (2а и 2б), выполняющих одни и те же производственные процессы, но на разных организационно-пространственных модулях (2а – на нечетном участке, 2б – на четном). Увязка таких потоков производится аналогичным образом, как и в случае равноритмичного потока: они включаются в работу по мере завершения предыдущих работ на предшествующем организационно-пространственном модуле.

Увязка неритмичных потоков имеет некоторые особенности, которые обусловлены неодинаковой продолжительностью их функционирования на разных организационно-пространственных модулях. Сущность метода увязки потоков с разным ритмом показана на рис.2.7. На циклограмму вначале наносится первый частный поток, затем второй, причем он включается в работу после завершения работы на 1-м организационно-пространственном модуле. После этого определяются места критических сближений и их величина. Критическое сближение наблюдается в том месте на циклограмме, которое характеризуется одновременной работой смежных частных потоков на одном организационно-пространственном модуле (например захватке), и определяется продолжительностью времени между моментом завершения и моментом начала одноименных работ смежных потоков ( $a_1, a_2, a_3, a_4$ ).

После завершения этой процедуры сравнивают полученные величины всех критических сближений и выбирают наибольшее значение, которое соответствует продолжительности организационного перерыва между этими частными потоками.

Аналогичным способом производится увязка остальных частных потоков.



**Рис. 2.7.** Циклограмма неритмичного потока

*1,2,3 – номера частных потоков*

Увязку неритмичного потока можно провести не только графическим методом, но и расчетным. Его суть состоит в реализации следующих положений. Для того чтобы начать работы второго частного потока ( $i=2$ ) необходимо, чтобы были выполнены работы первого частного потока ( $i=1$ ) на первом организационно-пространственном модуле ( $j=1$ ). Период включения второго частного потока из этого условия:  $t_{p2.1.} = t_{1.1.}$  Для потока, приведенного на рис.2.7.:  $t_{p2.1.} = 1$ .

Работы второго частного потока ( $i=2$ ) на втором организационно-пространственном модуле ( $j=2$ ) могут начаться после завершения работ

первого частного потока на этом участке. Период включения в работу второго частного потока с учетом этого условия можно выразить следующей формулой:

$$t_{p2.2.} = t_{1.1.} + t_{1.2.} - t_{2.1.}$$

где  $t_{2.1.}$  – продолжительность второго частного потока на первом организационно-пространственном модуле.

Для потока, приведенного на *рис. 2.7.*  $t_{p2.2.} = 1 + 3 - 1 = 3$ .

Период включения в работу второго потока с учетом того, что он не будет простаивать в ожидании необходимых объемов работ на  $j$ -м организационно-пространственном модуле по индукции, будет равен:

$$t_{p2.j.} = \sum_{j=1}^m t_{1.j.} - \sum_{j=1}^m t_{2.(j-1).}$$

Для того чтобы  $i$ -й поток не простаивал в ожидании, когда предыдущий поток обеспечит необходимый объем работ, период включения в работу потока должен быть принят максимальным из полученных расчетных значений:

$$t_{p.i.} = \max \left[ \sum_{j=1}^m t_{(i-1).j.} - \sum_{j=1}^m t_{i.(j-1).} \right].$$

Общая продолжительность выполнения работ подсчитывается по формуле:

$$T = \sum_{i=2}^n t_{p.i.} + \sum_{j=1}^m t_{n.j.},$$

где  $\sum_{i=2}^n t_{p.i.}$  - период развертывания потока, равный сумме периодов включения в

работу всех частных потоков;  $\sum_{j=1}^m t_{n.j.}$  - период выпуска продукции, т.е.

продолжительность последнего частного потока.

Согласно этим формулам период включения 2-го частного неритмичного потока, изображенного на *рис. 2.7.*, определяется наибольшей разностью и составит 4дн. Для этого запишем нарастающим итогом продолжительности 1-го и 2-го потоков, а также их разности:

1	$\sum_{j=1}^6 t_1$	1	4	6	10	11	13
2	$\sum_{j=1}^5 t_2$	0	1	5	6	8	11
3	$t_{p.2.}$	1	3	1	4	3	2

### 3. РАСЧЕТ МАТРИЦ

*Матрица* – это таблица с пересекающимися строками и графами. В местах их пересечения образуются клетки, в которые записывают исходную информацию и рассчитываемые параметры.

К параметрам потока, которые рассчитываются при проектировании поточной организации производства с использованием матриц относятся:

- число частных потоков –  $n$ ;
- число организационно-пространственных модулей –  $m$ ;
- продолжительность работы на каждом организационно-пространственном модуле –  $t_{ij}$ ;
- период включения в работу частных потоков –  $t_{p.i.}$ ;
- продолжительность потока –  $T$ ;
- продолжительность функционирования отдельных частных потоков –  $\sum t_i$ ;
- продолжительность перерывов в работе смежных потоков на отдельных организационно-пространственных участках –  $t_{0i}$ ;
- степень эффективности запроектированных потоков –  $C$ .

Проведем расчет параметров потока, который имеет следующие исходные характеристики (табл. 3.1.).

**Табл. 3.1.**

Развертывание частных потоков по организационно-пространственным модулям

Организационно-пространственные модули	Номер частных потоков			
	1	2	3	4
<i>I</i>	2	3	1	2
<i>II</i>	2	3	1	2
<i>III</i>	2	3	1	2
<i>IV</i>	2	3	1	2
<i>V</i>	2	3	1	2

Порядок расчета параметров потока при помощи матриц следующий. В середину клеток матрицы (рис. 3.1.) записывают продолжительность работ частных потоков на каждом организационно-пространственном модуле. После этой процедуры определяют продолжительность частного потока  $\sum t_i$  путем суммирования продолжительности выполнения процессов на каждом

организационно-пространственном модуле (продолжительность 1-го частного потока в примере на *рис. 3.1.* составит 8 дней, 2-го потока – 12 дней, 3-го – 4 дня и 4-го – 8 дней).

		Частные потоки				$\sum t_j$
		1	2	3	4	$\sum t_j + \sum t_0$
Организационно-пространственные модули	I	0 2 2	2 0 3 5	11 6 1 12	12 0 2 14	$\frac{8}{14}$
	II	2 2 4	5 1 3 8	12 4 1 13	14 1 2 16	$\frac{8}{14}$
	III	4 2 6	8 2 3 11	13 2 1 14	16 2 2 18	$\frac{8}{14}$
	IV	6 2 8	11 3 3 14	14 0 1 15	18 3 2 20	$\frac{8}{14}$
	$\sum t_i$	8	12	4	8	$C = \frac{32}{56} = 0,57$
$\sum t_0$		6	12	6		

**Рис. 3.1.** Матрица расчета параметров разноритмичного потока

Далее в верхний левый угол первой клетки проставляют время начала работы первого частного потока на первом организационно-пространственном модуле. Сумма момента начала работы частного потока на данном организационно-пространственном модуле и продолжительности самой работы на данном производственном участке определяют время завершения этой работы, её величина заносится правый нижний угол этой клетки (0+2=2).

Время окончания работы первого частного потока на первом организационно-пространственном модуле считается началом работы этого же частного потока на втором модуле, и её значение переносится в верхний левый угол второй клетки. Суммируя это время с продолжительностью работы данного частного потока на втором модуле, определяют время окончания работы, которое записывают в правый нижний угол второй клетки. Аналогичным образом рассчитывают значения начала и окончания работ на всех организационно-пространственных модулях первого частного потока. Расчет остальных частных потоков ведут в зависимости от их продолжительности. Если продолжительность работы последующего частного потока больше продолжительности работы предыдущего частного потока, то расчет проводят сверху вниз (в примере на *рис.3.1.* – это потоки 2 и 4), а если меньше то снизу вверх (поток 3). Общая продолжительность работ второго частного потока в рассматриваемом примере больше продолжительности работ первого потока ( $12 > 8$ ), то расчет значений начал и окончаний работ частного потока №2 начинают сверху, т.е. с того момента времени, когда первый поток закончит работы на первом организационно-пространственном модуле. Для этого из нижнего угла первой клетки первой графы, которая характеризует работу первого частного потока на первом производственном участке, переносят в левый верхний угол первой клетки второй графы. Далее процедура расчета идентична предыдущему.

Продолжительность работы 3-го частного потока меньше продолжительности работы 2-го потока ( $4 < 12$ ), то расчет начал и окончаний 3-го потока проводить следует снизу вверх. Для этого в левый угол последней клетки третьей графы переносят время окончания работы второго частного потока на этом организационно-пространственном модуле. Одновременно это значение переносят в нижний угол вышележащей клетки, в которой это время соответствует окончанию работы 3-го потока на предыдущем участке. Расчет начал и окончаний ведется в обратном направлении путем вычитания из времени окончания работы частного потока на данном модуле продолжительности её работы.

После расчета параметров начал и окончаний работ проводят определение величин простоев в деятельности частных потоков. Для этого рассматриваются два смежных потока на каждом организационно-пространственном модуле. Величина простоя потоков на производственном участке определяется как

разница между временем начала работы последующего потока на данном модуле и временем завершения работ на нем предыдущего потока. Далее значения эти суммируются по всему частному потоку (по графам) и по участку (по строке) и на их основе определяется степень совмещения работ –  $C$ .

Процедура расчета неритмичного потока при помощи матриц почти такая же, как и расчет разноритмичного потока, но с некоторыми особенностями. В качестве примере рассчитаем поток, который имеет следующие исходные характеристики (табл. 3.2).

**Табл. 3.2.**

Развертывание частных потоков по организационно-пространственным модулям

Организационно-пространственные модули	Номер частных потоков			
	<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>I</i>	3	1	1	1
<i>II</i>	1	2	2	1
<i>III</i>	1	2	1	3
<i>IV</i>	1	2	2	1

На первом этапе процедуры расчета определяются места критических сближений каждой пары смежных потоков. Для этого находят наибольшую продолжительность выполнения работ на организационно-пространственных модулях этими частными потоками путем суммирования продолжительностей их работ на этих участках при условии, что критическое сближение находится вначале организационно-пространственном модуле №I, далее на №II и т.д. Результаты суммирования записывают в последнюю строку матрицы в виде столбца (см. рис.3.2.). Наибольшее значение из полученных будет определять место критического сближения и далее расчет начинается с тех клеток, на которых установлено критическое сближение. Сам же расчет нечем не отличается от рассмотренного выше случая разноритмичного потока.

Оценку качества запроектированных потоков производят на основании различных критериев: продолжительность потока; степень совмещения работ; уровень ритмичности потребления ресурсов и т.д.

Наиболее важным является критерий продолжительности потока т.к. она оказывает непосредственное влияние на эффективность производства.

Продолжительность в свою очередь зависит от общей трудоемкости работ и численного состава работающих.

		Частные потоки				$\sum t_j$
		1	2	3	4	$\sum t_j + \sum t_0$
Организационно-пространственные модули	I	0 3 3	3 0 1 4	6 2 1 7	8 1 1 9	$\frac{6}{9}$
	II	3 1 4	4 0 2 6	7 1 2 9	9 0 1 10	$\frac{6}{7}$
	III	4 1 5	6 1 2 8	9 1 1 10	10 0 3 13	$\frac{7}{9}$
	IV	5 1 6	8 2 2 10	10 0 2 12	13 1 1 14	$\frac{6}{9}$
	$\sum t_i$	6	7	6		$C = \frac{25}{34} =$ $= 0,735$
$\sum t_0$		3	4	2		
		10	7	7		
		10	8	8		
		9	8	8		
		8	9	7		

**Рис. 3.2.** Матрица расчета параметров неритмичного потока

## 4. РАСЧЕТ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

### 4.1. Элементы сетевого графика

Сетевой график является моделью, отображающей процесс выполнения работ, в которой весь их комплекс разделен на отдельные операции с установлением сроков начала выполнения и окончания, а также общих сроков начала и окончания.

В сетевом графике каждая работа обозначается сплошной стрелкой, над которой пишется наименование выполняемого процесса, также над ней указывается продолжительность выполнения процессов или ожидания (рис. 4.1.). На графике сплошными стрелками указываются не только работы, требующие для своего выполнения затрат времени и различных ресурсов, но и ожидания – процессы, связанные с соблюдением определенных технологических перерывов. Кроме того, в сетевом графике приняты пунктирные стрелки, которые характеризуют зависимости начала одних работ от завершения других, и не требующие ни времени, ни ресурсов. Они называются фиктивными работами.

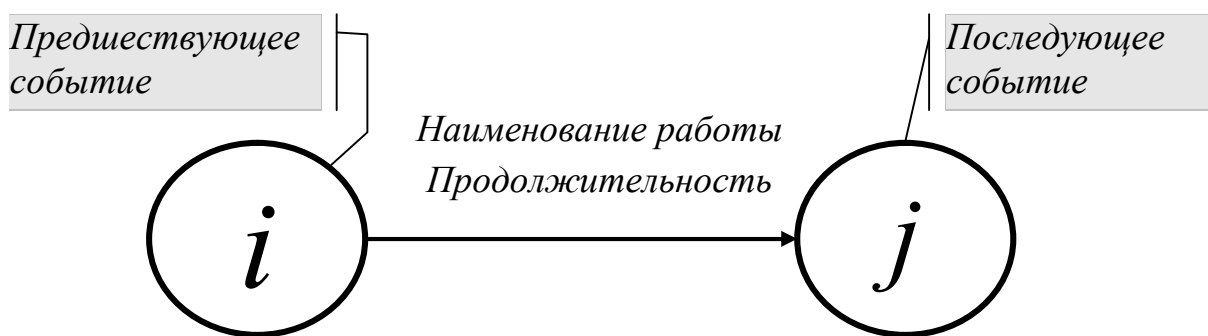


Рис. 4.1. Элементы сетевого графика

Как правило, стрелки не имеют масштаба. При построении сетевого графика стрелки соединяются между собой в определенной последовательности, которая соответствует рациональной организации технологических процессов. Места соединения стрелок между собой изображаются кружком, называются событием и нумеруется (см. рис. 4.1.). В отличие от работы событие не является процессом, а только определяет факт

начала или окончания одной или нескольких работ и возможность начала последующих. Для того чтобы событие совершилось необходимо выполнить какую-либо работу. Событие, не имеющее предшествующих работ, называется начальным, а не имеющее последующих – конечным.

В сетевом графике событие может появиться в результате выполнения одного производственного процесса (рис. 4.2. а.) или нескольких, выполняемых одновременно (рис. 4.2 .б.)



**Рис. 4.2.** Варианты построения сетевого графика

В результате свершения какого-либо события может выполняться одну (см. рис. 4.2.а. и б.) или несколько работ (рис. 4.2.в.). Нумерация событий в сетевом графике производится в возрастающем порядке от начального к конечному. Работам, выполняемым между двумя событиями, присваивается номер предшествующего и последующего событий (1-2, 3-4 и т.д.).

## **4.2. Построение сетевых графиков**

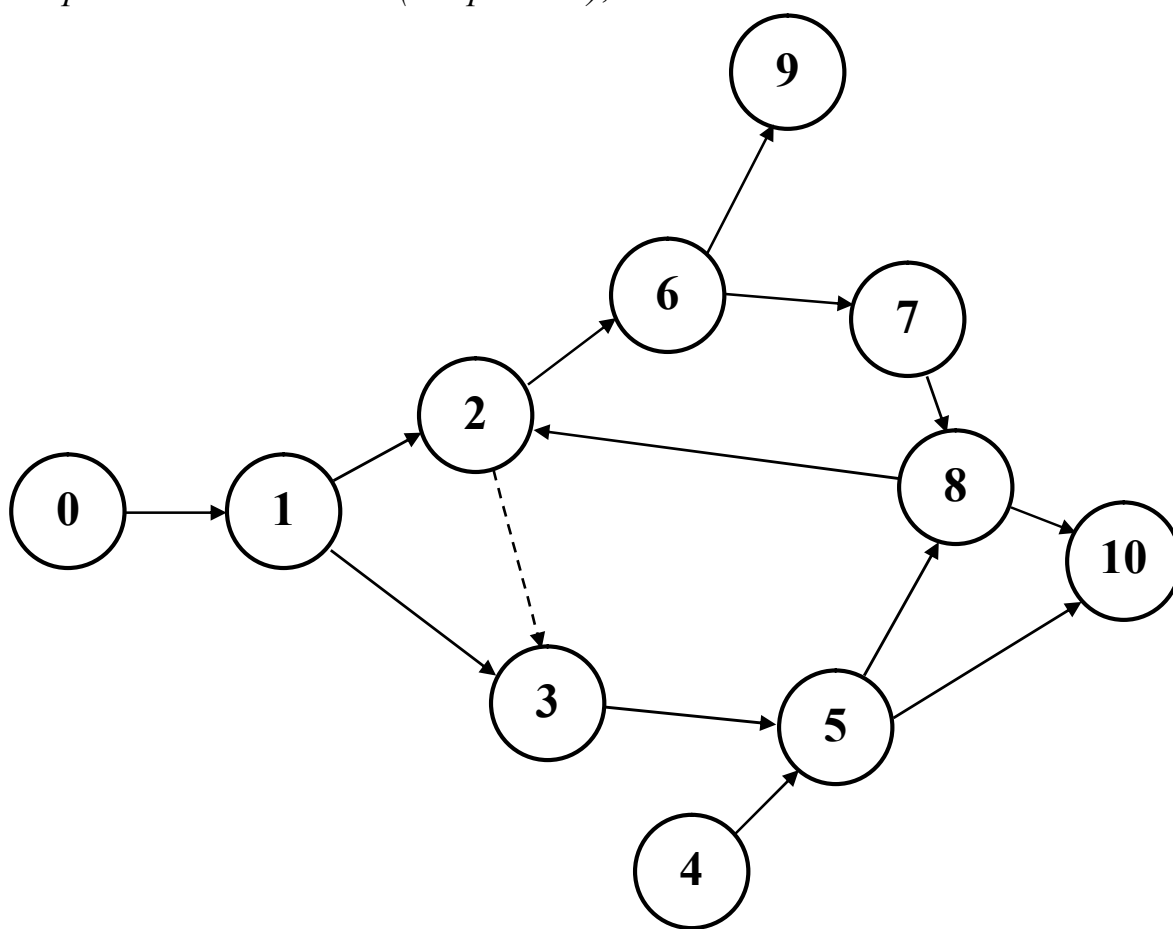
Построение сетевых графиков выполняется с соблюдением следующих положений:

1. *Каждая работа, включаемая в график должна иметь объем и четкий срок её начала и окончания.* При производстве работ, особенно поточным методом, выполнение части объема какой-либо работы может являться условием для начала одной или нескольких последующих работ. В этом случае необходимо точно определить, какую часть общего объема предшествующей работы необходимо выполнить для возможности начала последующих работ. Каждая такая часть предшествующей работы считается в графике

самостоятельной работой и должна иметь свои предшествующие и последующие события;

2. В сетевом графике все работы взаимосвязаны, поэтому начало последующей работы должно быть обязательно связано с окончанием предшествующей работы. В графике не может быть события, которое не означало бы какой-либо предшествующей работы и одновременной возможности выполнения другой последующей (т.е. тупик), за исключением начального и конечного событий. (см. рис. 4.3.);

3. В сетевом графике не может быть замкнутых контуров, т. е. такого положения, при котором работы возвращались бы к тому же событию, из которого они начинались (см. рис.4.3.);



**Рис.4.3.** Примеры циклов и тупиков в сети: циклы: 1) 2-3-5-8-2; 2) 2-6-7-8-2; тупики: 4 и 9.

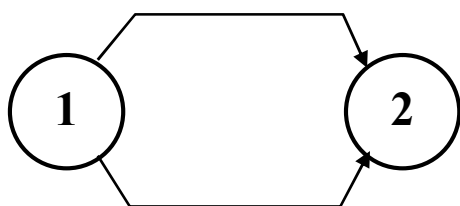
4. Направление стрелок в сетевом графике следует принимать слева направо; график должен иметь простую форму без лишних пересечений;

5. Сетевой график показывает продолжительность работ, т. е. время, необходимое для выполнения отдельных работ и всей программы в целом, а не календарные сроки выполнения работ. Непрерывная линия, характеризующая

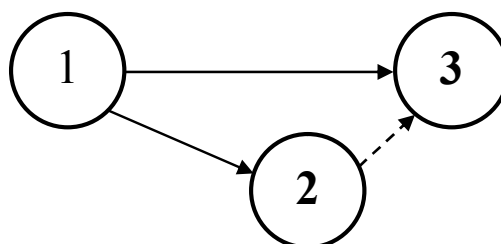
продолжительность работ от начального события до конечного в сетевом графике, называется *путем*. Длина пути определяется суммой продолжительностей работ, находящихся на данном пути.

6. При выполнении параллельных работ, т. е. в случаях, когда одно событие служит началом нескольких работ, заканчивающихся каким-либо общим для них событием, вводятся дополнительные зависимости и события. Кодирование различных работ одинаковыми шифрами не допускается (см. рис. 4.4.);

а)

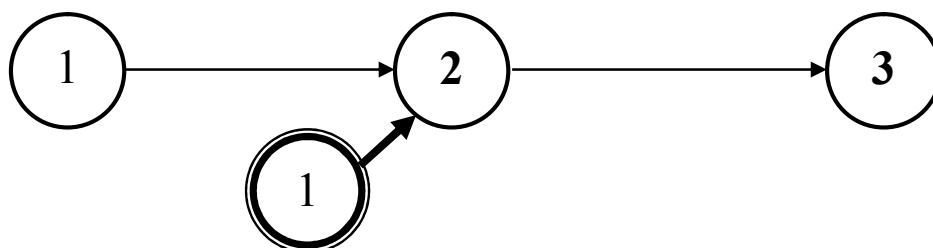


б)



**Рис.4.4.** Изображение параллельно выполняемых работ: а – *неправильное*; б – *правильное*.

7. Сетевой график на выполнение какой-либо программы работ включает в себя поставки материалов, изделий, конструкций, оборудования, а также поступление рабочей документации и смет. Началом поставок обычно считается начало производства работ, т. е. исходное событие сетевого графика. Поставка считается «работой» и должна обозначаться короткой жирной стрелкой, а в кружок записывается номер события, от которого исчисляется начало поставки (см. рис.4.5.).



**Рис. 4.5.** Изображение поставки.

### 4.3. Расчет сетевого графика

При расчете сетевого графика используются определенные параметры:

– продолжительность выполнения рассматриваемой работы  $t_{i-j}$

– продолжительность критического пути	$T_{KP}$
– ранее начала работы	$T_{i-j}^{PH}$
– ранее окончание работы	$T_{i-j}^{PO}$
– позднее начало работы	$T_{i-j}^{ПН.}$
– позднее окончание работы	$T_{i-j}^{ПО.}$
– общий резерв времени данной работы	$R_{i-j}^O$
– частный резерв времени данной работы	$R_{i-j}^Ч$

В этих обозначениях  $i-j$  является кодом данной работы, работа, которая ей предшествует, кодируется  $h-i$ , последующая работа –  $j-k$ . Результатами расчета являются сроки раннего, позднего начала и окончания, частный, общий резервы каждой работы и общая продолжительность выполнения работ программы.

Расчет параметров сетевого графика начинается с определения раннего начала работ -  $T_{i-j}^{PH}$ . Оно равно максимальному пути от исходного события графика до начального события данной работы.

$$T_{i-j}^{PH} = \max \sum t.$$

После установления ранних сроков начала работ переходят к расчету позднего окончания, которое определяется суммой позднего начала работы и её продолжительности.

$$T_{i-j}^{ПН} = T_{KP} - \max \sum t,$$

$$T_{i-j}^{ПО} = T_{i-j}^{ПН} + t_{i-j}.$$

По завершении определения ранних начал и поздних окончаний всех работ на сетевом графике можно выявить критический путь, и резервы времени (частные и общие).

Общий резерв времени данной работы – наибольшее количество времени, на которое можно отдалить окончание данной работы за счет увеличения её продолжительности или задержки её начала без изменения общего срока выполнения программы работ – критического пути. Он определяется как разность между одноименным поздним и ранним параметрами данной работы.

$$R_{i-j}^O = T_{i-j}^{ПН} - T_{i-j}^{PH},$$

$$R_{i-j}^Ч = T_{i-j}^{ПО} - T_{i-j}^{PO}.$$

Частный резерв времени – наибольшее количество времени, на которое можно перенести окончание работы за счет увеличения её продолжительности или задержки срока её начала без изменения раннего начала последующих

работ. Этот резерв времени имеет место, когда для начала какой-то работы необходимо выполнение нескольких предшествующих работ. Он определяется как разность между ранним началом последующей работы и ранним окончанием данной работы:

$$R_{i-j}^q = T_{j-k}^{PH} - T_{i-j}^{PO}.$$

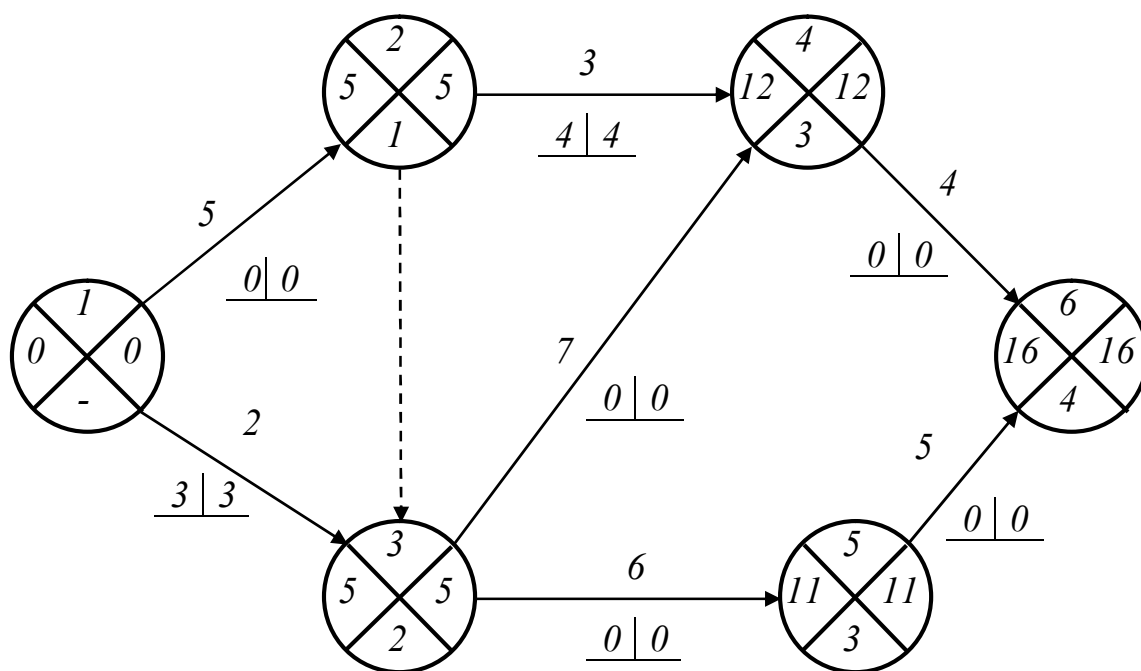
Критический путь – самая длинная технологическая цепочка. Для определения элементов критического пути необходимо выявить работы, у которых частный и общий запасы равны нулю.

Кроме критических из всех работ особо выделяются подкритические, у которых полный резерв отличается от минимального значения не более чем на заданную величину  $\delta$ .

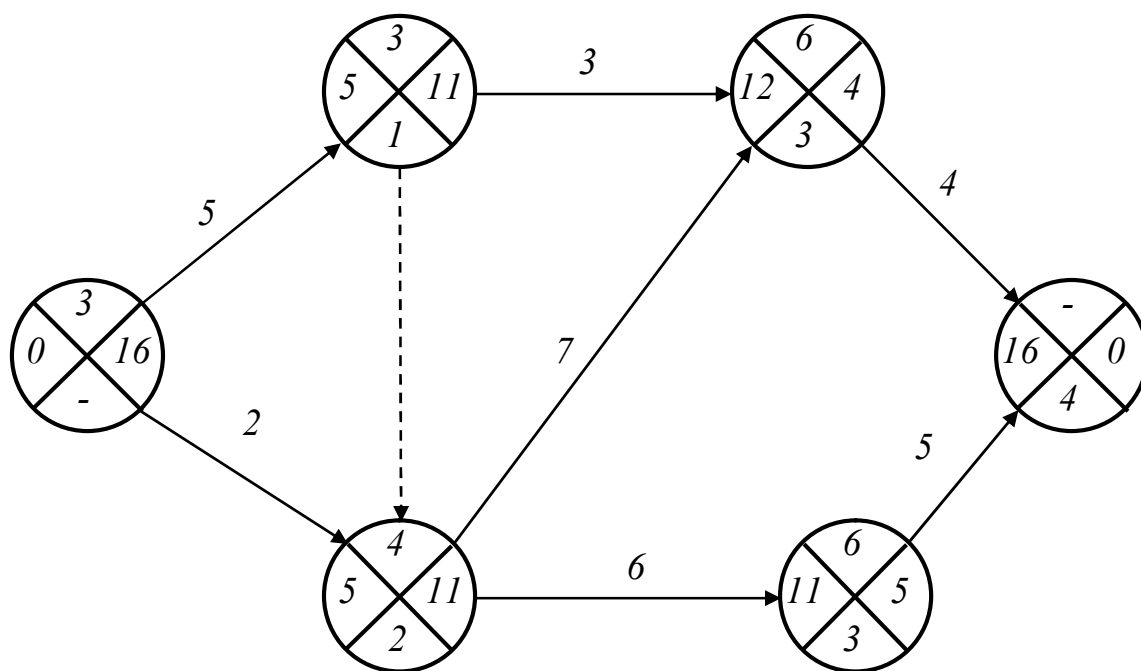
*Подкритические работы* даже при небольших отклонениях в сроках выполнения работ становятся критическими. Величина  $\delta$ , определяющая «совокупность подкритических работ», выбирается в зависимости от условий реализации данного комплекса работ. Множество всех критических и подкритических работ называют *критической зоной*.

На *рис. 4.6.* показан пример расчета сетевого графика секторным методом. Помимо него существуют следующие способы расчета:

- табличный метод (*табл. 4.1.*);
- метод потенциалов (*рис. 4.7.*).



**Рис. 4.6.** Пример расчета сетевого графика секторным методом.

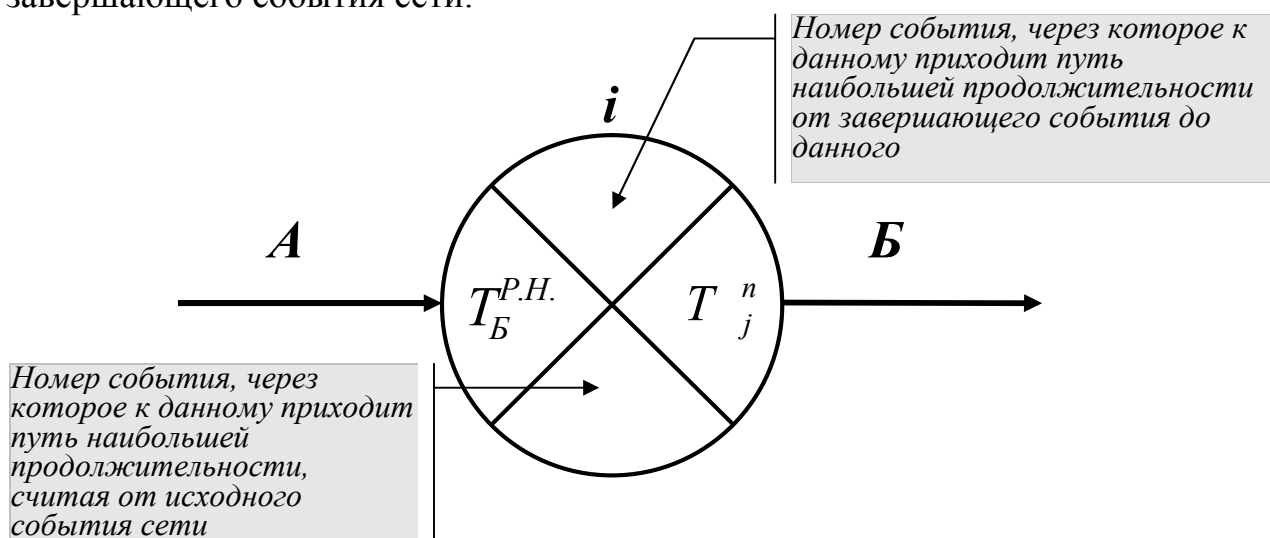


**Рис. 4.7.** Пример расчета методом потенциалов (номера событий соответствуют рис.4.6.)

*Потенциалом события* называют величину наиболее продолжительного пути от данного события до завершающего:

$$T_i^n = \max_z \sum_j^j t.$$

Потенциал события показывает, сколько дней (часов, недель и т.д.) осталось от данного события до завершения всех работ планируемой программы. Потенциал определяется последовательно, начиная от завершающего события сети.



**Рис.4.8.** Запись в секторах при расчете методом потенциалов

В качестве примера расчета методом потенциалов рассмотрен график на *рис. 4.7*. Его сеть аутентична сети графика на *рис. 4.6.*, из которого переносим исходные данные для расчета. Расчет начинается с завершающего события 6, потенциал которого равен 0. В верхний сектор ставим прочерк, в правый записываем 0 и переходим к последующему событию.

Потенциал события 5 (продолжительность работы 5-6) равен 5 дням. Цифру 5 записываем в правый сектор события 5, цифру 6 – в его верхний сектор. Потенциал события 4  $T_4^{\Pi} = 0 + 4 = 4$ . Для события 2 потенциал определяется следующим образом: от события 3  $T_2^{\Pi} = 11 + 0 = 11$  и от события 4  $T_2^{\Pi} = 4 + 3 = 7$ ; выбираем наибольшее значение – 11. аналогичным образом рассчитываются остальные события. Потенциал исходного события составляет 16 дней, т.е. равен величине критического пути.

Зная потенциал события, позднее окончание работ можно определить по формуле:

$$T_{i-j}^{П.О.} = T_{KP} - T_j^{\Pi}.$$

Поскольку ранние начала работ записаны в левых секторах, а на графике показаны продолжительности работ, по приведенным выше формулам частного и общего резерва времени можно определить их значение.

При расчете сетевых графиков табличным методом заполняется следующая таблица (*табл. 4.1.*)

**Таблица 4.1.**

Расчет сетевого графика

№ п.п.	Номер предшествующего события	Шифр работы	$t$	$T^{P.H.}$	$T^{P.O.}$	$T^{П.H.}$	$T^{П.O.}$	$R^O$	$R^q$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	1-2	5	0	5	0	5	0	0
2	0	1-3	2	0	2	3	5	3	3
3	1	2-3	0	5	5	5	5	-	-
4	1	2-4	3	5	8	9	12	4	4
5	1;2	3-4	7	5	12	5	12	0	0
6	1;2	3-5	6	5	11	5	11	0	0
7	2;3	4-6	4	12	16	12	16	0	0
8	3	5-6	5	11	16	11	16	0	0

В графу 3 заносится шифр (код) каждой работы, запись ведется последовательно, начиная с первого события. Когда из события выходит несколько работ, запись производим в порядке возрастания номеров их

конечных событий. После этой процедуры в графу 2 записываются номера событий предшествующих каждой работе.

Следующей заполняем графу 4. Против каждой работы, записанной в графе 3 из сетевого графика, проставляем её продолжительность  $t$ .

Графы 5 (ранее начало работы  $T^{P.H.}$ ) и 6 (ранее окончание работы  $T^{P.O.}$ ) заполняются одновременно. У работ 1-2 и 1-3 предшествующих событий нет; следовательно, их ранее начало равно нулю. Ранее окончание работы равно сумме его раннего начала и продолжительности. Таким образом, в графу 6 вносят сумму цифр граф 4 и 5. Для работы 2-4 ранее начало равно раннему окончанию предшествующей работы, т.е. работы 1-2 (в графе 2 записано предшествующее событие 1); следовательно, ранее начало работ, начинающихся с события 2 (2-3, 2-4) также равно 5 дням. Прибавляя к ранним началам работ их продолжительности, получим их ранее окончание. Если у работы есть два и более предшествующих события (например, работа 4-6), то в этом случае выбирается максимальное значение раннего окончания этих работ и заносится в графу 5 и на её основе определяется ранее окончание.

Максимальное ранее окончание последней работы равно величине критического пути.

Дальше заполняются графы 7 и 8. Позднее начало  $T^{П.Н.}$ , и окончание  $T^{П.О.}$  записываем в *таблицу 4.1.*, начиная с конца графы.

Критический путь, а, следовательно, и позднее окончание завершающей работы, равен 16 дням. Вносим эту цифру в строку 8 графы 8. Позднее начало работы равно его разнице позднего окончания и продолжительности.

Общий резерв  $R^O$  (графа 9) определяется как разность между числами в графах 8 и 6 или 7 и 5.

Частный резерв (графа 10) подсчитывается как разница между ранним началом последующей работы и ранним началом данной. При заполнении данной графы необходимо учитывать следующее, если в конечное событие данной работы входит только одна стрелка, то частный резерв её равен нулю. Для работ, не лежащих на критическом пути, но входящих в события, лежащих на нем, общие и частные резервы численно равны.

#### **4.4. Расчет сетевого графика «вершины – работы»**

Для расчета сетевого графика «вершины – работы» прямоугольник, изображающий работу, делят на 7 частей (*рис. 4.9.*). В верхних трех частях прямоугольника записываются ранее начало, продолжительность и ранее

окончание работы, в трех нижних позднее начало, резервы времени и позднее окончание. Центральная часть содержит код (номер) и наименование работы.

$T^{PH}$	$t$	$T^{PO}$
<b>Код и наименование работы</b>		
$T^{ПН}$	$R^O/R^Ч$	$T^{ПО}$

**Рис. 4.9.** Изображение работы в сетевом графике «вершины – работы»

Расчет сетевого графика «вершины-работы» выполняется в той же последовательности, что и в случае расчета сетевого графика «вершины-события» секторным методом (см. п.4.3.).

#### **4.5. Построение и расчет комплексных укрупненных сетевых графиков (КУСГ)**

Организация производства строительных работ на объектах комплекса, должна обеспечивать непрерывность работы всех организаций – участников строительного процесса при максимальном совмещении работ на объектах и сооружениях комплекса, т.е. поточное строительство.

В комплексный поток включают работы по возведению всех постоянных сооружений, входящих в состав строящегося комплекса, в том числе по тем сооружениям, зданиям, инженерным сетям, дорогам и др., которые строятся в подготовительный период строительства.

В состав комплексного потока включают несколько объектных потоков, количество и состав которых зависят от назначения и размеров строящихся зданий и сооружений, архитектурно-планировочных и конструктивных решений объектов входящих в состав комплекса, взаимного расположения площадок и размещения на них объектов.

Объектные потоки группируются из одинаковых или технологически однородных сооружений, либо их частей – участков – неоднородных объектов. Предварительно определяется возможность и целесообразность деления основных сооружений на участки.

Рекомендуется организовать следующие объектные потоки для строящегося промышленного предприятия:

- внутриплощадочные инженерные сети и дороги отдельно по каждой площадке;

- внеплощадочные инженерные коммуникации отдельно по видам основных коммуникаций;

- основные производственные здания и сооружения;

- объекты подсобного производственного назначения;

- здания административно-технического и культурно-бытового назначения;

- специальные сооружения, а также выполнение работ благоустройству.

При формировании объектных потоков при строительстве жилищного комплекса следует исходить из того, что самостоятельными объектными потоками целесообразно осуществлять производство СМР по:

- прокладке магистральных инженерных сетей городского коммунального хозяйства;

- благоустройству проезжей части городских улиц;

- инженерной подготовке территорий жилых микрорайонов;

- прокладке инженерных сетей микрорайона;

- возведению жилых домов, однотипных по применяемым конструкциям;

- возведению зданий культурно-бытового назначения, однотипных по применяемым конструкциям;

- внешнему благоустройству и озеленению территории застраиваемого комплекса.

Выбранная организация производства работ должна найти отражение в комплексном укрупненном сетевом графике (КУСГ). КУСГ определяет очередность строительства, технологическую последовательность работ, сроки выдачи проектной документации, сроки поставки технологического оборудования и других материально-технических ресурсов, а также сроки и объемы работ (в денежном выражении) субподрядных организаций.

Порядок и методика разработки КУСГ в значительной мере зависят от характеристики отдельных зданий и сооружений, входящих в состав комплекса, от степени их однородности и объемно-планировочных и конструктивных решений.

При разработке КУСГ необходимо соблюдать следующие основные принципы строительства отдельных зданий и сооружений в составе комплекса, а также условия увязки их во времени и по объемам работ:

- каждое новое строительство начинают с прокладки постоянных подъездных путей к строительной площадке, а также выполнения необходимых подготовительных работ (устройство временных дорог, сетей и устройств для

обеспечения строительства водой, электроэнергией, теплом; устройство временных административно-хозяйственных зданий, жилых помещений для строителей).

- основные СМР начинаются с инженерной подготовки территории, которая включает планировку территории, устройство водостоков, прокладку подземных магистралей тепло-, водо-, газо-, энергоснабжения, а также строительство дорог;

- строительство каждого отдельного здания или сооружения начинают только после окончания подготовительных и общеплощадочных работ на участке;

- возведение надземных конструкций каждого здания или сооружения начинают только после устройства подземной части, обратной засыпки и планировки площадки;

- в КУСГ необходимо предусмотреть последовательную концентрацию трудовых и материально-технических ресурсов на объектах.

График составляется укрупнено, за «работы» принимаются комплексы и виды работ применительно к специализированным работам, выполненным субподрядными организациями. Продолжительность работ определяется по действующим нормам (СНиП, ЕНиР), а также на основе типовых технологических карт. Сетевой график составляется без привязки к календарю. Пример КУСГ на строительство крупного промышленного объекта приведен на *рис.4.10*.

Для определения продолжительность каждой работы графика необходимо заполнить карточку-определитель (*см. форму табл. 4.2*). Наименование и шифр работ (графы 2 и 3) заполняется на основе составленной топологии комплексного укрупненного сетевого графика. Стоимость работ (графа 4) определяется на основе сводного сметного расчета. Выработку (графа 5) при выполнении расчетно-графических работ можно принимать по *таблице 4.3*. Трудоемкость (графа 6) получается путем деления стоимости работы (графа 4) на выработку (графа 5). Продолжительность работы определяется как частное трудоемкости (графа 6) от числа рабочих, занятых на данной работе (графа 7) числа смен (графа 8). Численность бригады назначается с учетом фронта работ.

Расчет КУСГ выполняется секторным методом непосредственно на графике, или при помощи ЭВМ в табличной форме.

Если после расчета графика величина критического пути превышает нормативную продолжительность строительства комплекса, то производится

его корректировка за счет изменения топологии сети, увеличения численности рабочих на работах критического пути.

**Форма табл. 4.2.**

**Карточка-определитель работ КУСГ**

№ п.п.	Наименование работы	Шифр работы	Стоимость работы, тыс. руб.	Выработка на 1 рабочего в день, руб./чел.-дн.	Трудоемкость работы, чел.-дн.	Число рабочих на работе, чел.	Число смен	Продолжительность работы, дн.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.

**Табл.4.3.**

Выработка одного рабочего в день по возведению различных сооружений, частей зданий и видам работ в ценах 1984 г., р./чел.-дн.

Наименование сооружений, частей зданий и видов работ	Жилищно-гражданские объекты	Промышленные объекты
Освоение строительной площадки, снос зданий и сооружений	35	35
Временные здания и сооружения	25	25
Возведение подземной части здания	80	80
Возведение надземной части здания	80	100
Кровельные и отделочные работы	35	30
Монтаж технологического оборудования	60	120
Устройство промышленной вентиляции	-	60
Внешние сети водопровода, канализации, теплофикации, газоснабжения, электроснабжения, слаботочные	60	60
Изоляционные работы	25	30
Внешние коммуникации	45	55
Железнодорожные пути	35	35
Автомобильные дороги	45	55
Благоустройство, озеленение	40	40
Вертикальная планировка	25	25
Внутренние санитарно-технические работы	45	50
Внутренние электромонтажные работы	45	50
Котельные, градирни, насосные, эстакады, склады и т.д.	45	45

На основе сетевого графика составляется сводный календарный план строительства (линейная форма), а по нему график движения рабочей силы машин и механизмов (гистограмма). При необходимости график движения рабочей силы оптимизируют (если коэффициент неравномерности не попадает в область значений от 1,5 до 1,7) за счет частных запасов времени.

## **4.6. Оптимизация сетевых графиков**

Оптимизация графика по времени может быть выполнена за счет изменения взаимосвязи между работами или сокращения продолжительности выполнения отдельных видов работ.

Сокращение продолжительности критического пути за счет изменения взаимосвязи между работами достигается путем корректировки последовательности работ.

Сокращение продолжительности отдельных видов работ, входящих в критический путь, возможно в результате увеличения числа рабочих и количества механизмов, а также путем организации работ в две и три смены. При этом производится переключение материальных ресурсов с работ, лежащих на некритических путях на работы критического пути. Такое переключение дополнительных ресурсов вызывает удлинение сроков выполнения работ, лежащих на некритическом пути.

После сокращения продолжительности критического пути до необходимой величины расчет сетевого графика повторяется

Принятый сетевой график проверяется в части рационального использования всех видов ресурсов. Эта проверка по ресурсам производится путем составления сетевого графика, графика потребности в ресурсах, графика расхода основных материалов. Наличие на этих графиках кратковременных «пиков» и «провалов» показывает, что ресурсы используются нерационально. Для улучшения графиков отдельные работы могут быть сдвинуты на величину частного резерва времени (в некоторых случаях общего резерва времени) без корректировки всего графика.

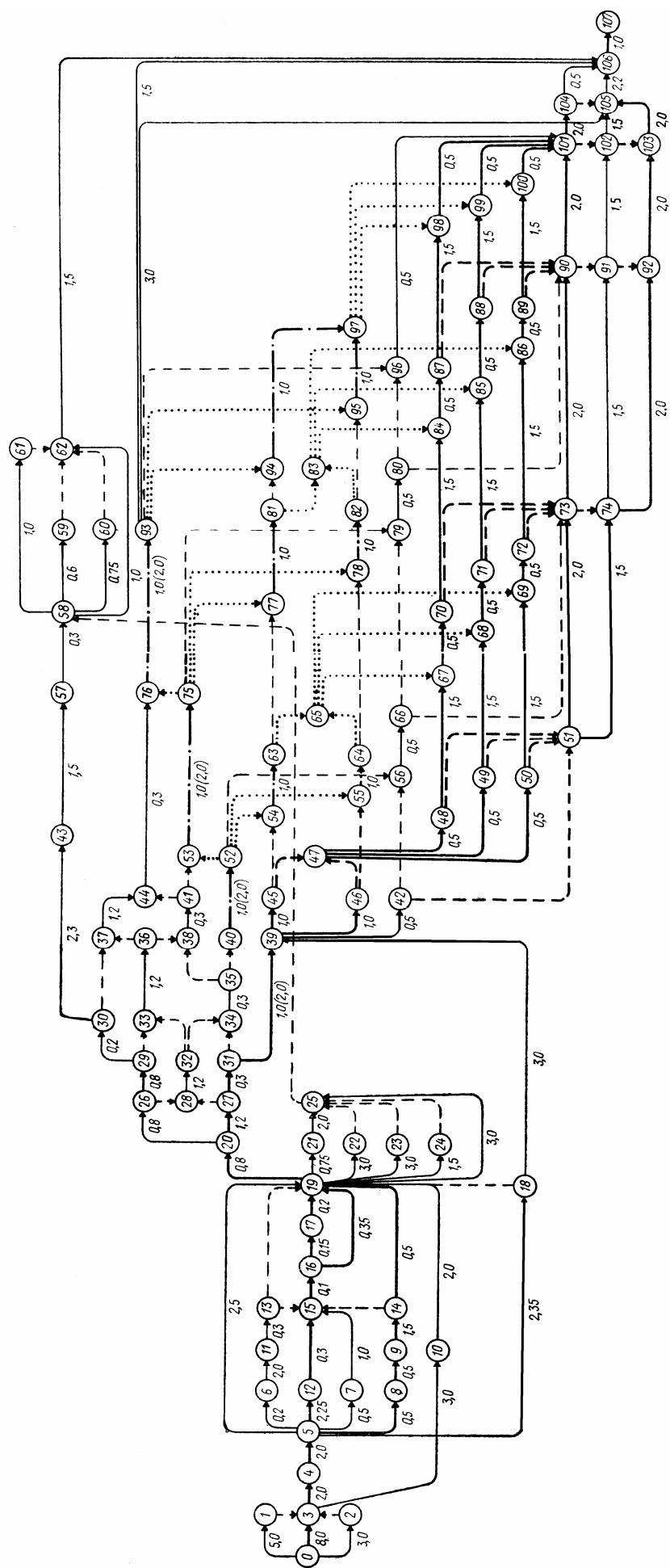


Рис. 4.10. Пример комплексного укрупненного сетевого графика на строительство промышленного комплекса

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ**

# Задание 1

Табл.1.1

Ритм частных потоков	Варианты																													
	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
<i>I</i>	1	8	9	3	5	8	7	1	9	6	3	4	7	8	9	2	1	6	5	4	6	8	2	1	3	5	4	5	6	9
<i>II</i>	6	7	1	7	6	5	5	9	4	8	2	4	5	1	9	4	5	4	1	9	1	3	7	5	4	5	6	8	1	5
<i>III</i>	4	6	8	9	4	2	6	7	1	5	9	4	7	8	8	8	1	2	3	8	9	5	6	4	3	9	7	5	1	8
<i>IV</i>	9	2	2	1	3	9	8	8	8	9	1	9	5	4	6	3	1	2	8	9	7	1	5	6	7	8	5	1	2	4
<i>V</i>	5	1	4	2	2	7	2	7	8	9	5	6	2	3	4	5	6	7	8	9	2	1	1	5	8	1	2	9	1	9

## Задание 2

Табл. 2.1.

Вариант 1		1	2	3	4	5
	1	4	3	5	9	10
	2	1	2	3	9	5
	3	7	2	3	5	8
	4	1	3	6	2	4
	5	5	3	2	2	3
Вариант 2		1	2	3	4	5
	1	1	1	1	2	1
	2	4	5	2	1	3
	3	8	9	5	3	1
	4	2	2	2	2	2
	5	1	2	3	6	5
Вариант 3		1	2	3	4	5
	1	4	8	2	5	1
	2	2	9	1	8	2
	3	1	3	6	5	9
	4	3	2	1	6	9
	5	1	8	7	6	2
Вариант 4		1	2	3	4	5
	1	8	2	6	4	5
	2	5	3	2	1	5
	3	1	2	3	6	7
	4	5	3	2	1	1
	5	9	2	1	5	6
Вариант 5		1	2	3	4	5
	1	1	2	3	8	1
	2	1	2	3	6	4
	3	2	5	6	2	1
	4	3	1	1	2	1
	5	5	2	3	1	2
Вариант 6		1	2	3	4	5
	1	4	5	6	2	1
	2	1	2	3	6	9
	3	7	7	1	2	1
	4	3	4	5	1	8
	5	1	2	3	4	5
Вариант 7		1	2	3	4	5
	1	9	1	1	1	2
	2	1	1	1	2	5
	3	1	2	5	6	7
	4	4	5	8	9	7
	5	1	2	3	4	5
Вариант 8		1	2	3	4	5
	1	9	8	7	6	5
	2	4	3	2	1	1
	3	7	4	1	2	5
	4	8	5	2	1	3
	5	8	2	1	6	8
Вариант 9		1	2	3	4	5
	1	7	8	2	1	1
	2	1	2	1	2	1
	3	2	1	2	1	2
	4	5	2	1	3	1
	5	1	4	5	2	1
Вариант 10		1	2	3	4	5
	1	1	2	8	1	9
	2	4	4	1	1	1
	3	2	1	6	4	7
	4	1	2	3	4	5
	5	7	8	2	6	4
Вариант 11		1	2	3	4	5
	1	7	5	6	2	3
	2	9	1	1	1	1
	3	1	2	1	3	1
	4	2	1	3	1	1
	5	9	2	3	1	4
Вариант 12		1	2	3	4	5
	1	7	8	9	3	2
	2	1	5	4	8	2
	3	1	2	1	8	5
	4	2	8	6	7	7
	5	2	3	5	6	7
Вариант 13		1	2	3	4	5
	1	7	8	9	4	1
	2	1	2	3	8	9
	3	5	4	6	5	4
	4	7	8	5	2	3
	5	4	5	6	7	8
Вариант 14		1	2	3	4	5
	1	4	5	6	2	1
	2	9	6	1	2	1
	3	2	3	5	6	7
	4	7	8	9	4	5
	5	5	8	6	4	3
Вариант 15		1	2	3	4	5
	1	4	8	6	4	2
	2	4	5	2	3	7
	3	1	1	1	2	5
	4	1	2	5	7	4
	5	2	3	5	6	1

Продолжение табл. 2.1.

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

### Задание 3

Схема 1

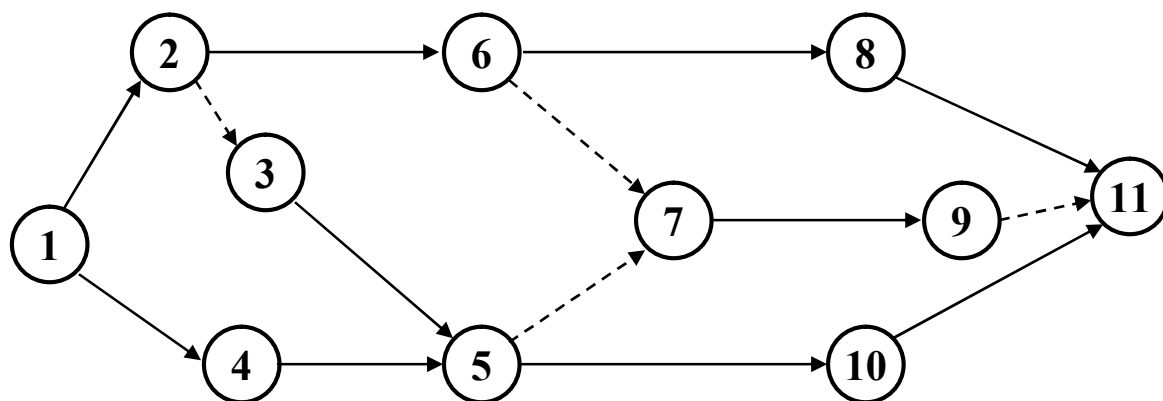


Табл. 3.1.

Вариант	Шифр работ									
	1-2	1-4	3-5	4-5	2-6	5-10	6-8	7-9	8-11	10-11
1.	2	11	9	3	3	6	5	9	5	3
2.	5	2	5	6	2	9	9	8	8	6
3.	2	10	6	9	3	5	5	7	4	9
4.	3	12	5	5	2	4	4	5	2	2
5.	2	4	4	7	3	1	5	4	3	5
6.	1	5	5	4	2	2	6	5	6	8
7.	3	6	7	2	1	3	5	6	5	4
8.	2	8	8	10	2	6	4	4	4	1
9.	3	2	4	11	3	5	1	5	7	2
10.	6	3	5	2	11	4	2	6	8	3
11.	6	4	1	3	9	2	3	5	9	3
12.	5	5	2	6	5	7	2	4	7	6
13.	5	6	3	5	4	4	1	2	5	5
14.	5	2	6	4	5	1	4	3	4	4
15.	4	1	9	5	6	2	7	1	5	1
16.	6	2	8	6	8	5	8	2	4	2
17.	11	3	9	8	7	8	9	6	2	3
18.	1	2	8	7	1	9	8	5	9	1
19.	3	4	7	9	2	6	7	4	1	2
20.	3	1	4	4	3	3	8	6	2	3
21.	1	2	5	5	6	9	9	9	3	9
22.	2	1	3	3	5	5	7	9	6	8
23.	3	2	6	9	4	4	5	9	5	7
24.	3	1	9	3	7	5	4	8	5	4
25.	6	2	5	6	8	6	6	7	2	5
26.	8	2	6	5	9	1	9	4	3	6
27.	5	1	4	3	5	2	8	5	5	1
28.	4	2	12	2	4	3	5	6	9	2
29.	2	5	3	3	1	2	4	4	4	3
30.	3	1	2	2	2	5	5	5	5	2
31.	1	2	5	1	3	4	6	6	6	5
32.	1	1	6	3	6	7	5	1	4	6
33.	3	2	9	6	5	8	4	13	5	4
34.	3	14	7	5	4	9	5	5	6	6
35.	6	6	2	4	8	4	4	8	8	8
36.	4	9	3	1	9	9	1	7	7	7
37.	5	8	6	2	2	6	10	4	9	10
38.	5	12	1	3	1	5	1	1	5	11
39.	4	7	5	12	10	4	1	3	3	2
40.	6	6	10	15	19	1	3	9	1	12

# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<b>1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ..</b>	<b>3</b>
<b>2. ПОСТРОЕНИЕ ЦИКЛОГРАММ .....</b>	<b>4</b>
2.1. Способы производства работ .....	4
2.2. Классификация и параметры потоков .....	8
2.3. Основные закономерности потоков .....	9
<b>3. РАСЧЕТ МАТРИЦ .....</b>	<b>16</b>
<b>4. РАСЧЕТ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ .....</b>	<b>21</b>
4.1. Элементы сетевого графика .....	21
4.2. Построение сетевых графиков .....	22
4.3. Расчет сетевого графика .....	24
4.4. Расчет сетевого графика «вершины – работы» .....	30
4.5. Построение и расчет комплексных укрупненных сетевых графиков (КУСГ) .....	31
4.6. Оптимизация сетевых графиков .....	34
<b>ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО- ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ .....</b>	<b>36</b>