

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Индустриальный институт

ОРГАНИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Курс лекций

Составитель к.э.н. *А.П. Янукян*

Нефтеюганск, 2024

Организация нефтегазового производства: курс лекций/ сост. А.П. Янукян.

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. Общие понятия о задачах календарного планирования...	4
Лекция 2. Последовательность разработки календарных планов.....	5
Лекция 3. Линейные модели календарного планирования.....	10
Лекция 4. Расчет ритмичных и разноритмичных потоков.....	14
Лекция 5. Расчет неритмичных потоков.....	22
Лекция 6. Определение оптимальной последовательности работ на объектах.....	24
Лекция 7. Разработка модели строительства объекта в форме циклограммы.....	29
Лекция 8. Сетевые модели календарного планирования.....	31
Лекция 9. Расчет сетевых графиков.....	38
Лекция 10. Оптимизация сетевых графиков.....	47
Список литературы.....	52

ЛЕКЦИЯ 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ЗАДАЧАХ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Процессы добычи нефти, транспорта, хранения и переработки углеводородов сопряжены с необходимостью строительства довольно трудоёмких, материалоемких и очень сложных инженерных сооружений: скважины, магистральные и промысловые трубопроводы, объекты системы сбора и подготовки скважинной продукции, резервуары для хранения нефти и т.п.

Все строительные процессы в нефтегазовой отрасли по своей сути это инвестиционные процессы. Весьма важно не только соблюдать технологии строительства, но и четко соблюдать сроки возведения запроектированных объектов. В противном случае, это неминуемо скажется на показателях финансово-хозяйственной деятельности, может привести к срыву договоренностей с контрагентами, нарушит технологические цепочки производств и т.п.

Основой реализации любого организационно-технологического решения связанного со строительством объектов нефтегазового комплекса, является моделирование хода строительства. В узком смысле моделирование строительства нефтегазовых объектов состоит из двух этапов:

1) формализация процессов (технологических, информационных, финансовых), экономических взаимоотношений между субъектами, создание планов по строительству конкретных объектов.

2) управление строительством, в основе которого (управления) лежит создание моделей – физических и компьютерных инженерных моделей будущего объекта, циклограмм строительных потоков, бизнес-планов.

Весь цикл моделирования строительства нефтегазовых объектов состоит в том, что изначально от формализации переходят модельную область, выполняют все процессы моделирования (модели объектов нефтегазового строительства, технологические цепочки, планы-графики, инженерная документация и т.п.), после чего переходят обратно – в предметную область.

Применение моделей при проектировании и строительстве объектов нефтегазового комплекса позволяет существенно сократить ресурсы и время.

Традиционно при моделировании возведения нефтегазовых объектов все процессы представляют в виде календарных планов (далее КП). КП это по своей сути – графическое изображение систем увязки работ во времени и пространстве. В зависимости от масштабов и сложности возводимых объектов нефтегазовой отрасли, календарные планы представляются в одной из форм:

1. в форме линейного графика;
2. в виде циклограммы строительного потока;
3. в виде сетевого графика;
- 4 в виде цифровой матрицы.

Первые циклограммы строительных потоков были предложены в 30-х годах прошлого века А.И. Неровецким и М.С. Будниковым. Они (циклограммы) отражают выполнение основных технологических процессов и работ во времени и пространстве. По оси ох откладываются время, по оси оу отмечают пространственные параметры. Работы на циклограммах строительных потоков отображаются в виде наклонных линий.

Более современным аналогом циклограмм является сетевой график. Первые сетевые графики появились в середине 50-х годов XX века. Считается, что первыми кто предложил данный вид планирования были Д.Е. Келли и М.Р. Уокер. Графически сетевые графики представляют из себя работы (обозначаются стрелками) и связи между ними (отображаются в виде кружков).

Сетевой график представляет из себя направленный граф который отражает: количество, технологическую последовательность, наименование и взаимосвязи между всеми работами из которых он состоит. Построение сетевого графика и его «чтение» несколько сложнее в сравнении с классической циклограммой строительного потока, но сетевой график более полно моделирует процессы строительства нефтегазовых объектов, имеет строгий математический алгоритм расчета, позволяет с лёгкостью вносить корректировки и оптимизировать процессы нефтегазового строительства.

Пожалуй самой современной формой календарного планирования является цифровая матрица. Она представляет из себя таблицу, в которой отражаются объемы работ, трудоёмкости всех процессов, продолжительность каждого вида работ, последовательность их выполнения. Цифровая матрица – это по сути точная цифровая копия календарных графиков. Данный вид календарного планирования получил широкое распространение, так как цифровые матрицы позволяют наиболее полно обеспечить ввод исходных данных и максимально объективно представлять выходные данные. Все расчеты по составлению цифровых матриц выполняются с применением вычислительной техники.

Основой для календарного планирования вне зависимости от того какой конкретный метод выбран (циклограмма строительного потока, сетевой план-график или иное) является проектно-сметная документация, условия строительства (климатические, финансовые, трудовые, технологические и др.), нормативные сроки и другие аспекты (они определяются исходя из того, какой конкретно объект возводиться).

ЛЕКЦИЯ 2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ

Любой календарный план строительства объектов нефтегазового комплекса, в любом виде (в виде циклограммы, в виде сетевого плана-графика ...) предназначен в первую очередь для определения последовательности выполнения работ и сроков каждого вида работ. Скоки устанавливаются прежде всего исходя из рациональной увязки периодов выполнения отдельных видов работ и возможностей предприятия-исполнителя (финансовых, трудовых и технических). Также на сроки выполнения работ в значительной мере оказывают влияние

специфические условия района деятельности, специфические условия отдельных строительных площадок (местности) и некоторые другие менее существенные факторы.

По календарным планам-графикам рассчитывается потребность трудовых, финансовых, материальных и трудовых ресурсах, определяются сроки поставки оборудования, техники и материалов. Все вышеуказанные виды расчетов выполняют как по всему объекту нефтегазового строительства так и по отдельным технологическим цепочкам и периодам.

На основании календарных планов-графиков ведется контроль за ходом производства работ, координируется работа исполнительных звеньев и вносятся незначительные коррективы по срокам работ, количеству техники и режиме ее работы. Сроки установленные календарным планом- графиком являются базой для составления более детальных документов – сметных заданий, недельных и суточных графиков и т.п.

Порядок разработки КП:

1. определяется перечень всех видов работ;
2. определяются трудоёмкость и объемы работ;
3. выбирают методы производства работ и необходимые машины и оборудование;
4. выполняют расчеты машиноёмкости и трудоёмкости всех видов работ;
5. определяется состав всех производственных бригад и звеньев;
6. определяют последовательность технологических операций;
7. выбирают режимы работы бригад (устанавливают сменность);
8. определяют продолжительность всех видов работ, совмещают отдельные виды работ между собой, корректируют (при необходимости) число работников и сменный график;
9. сопоставляют расчетные временные рамки и нормативные, при необходимости вносят корректировки;
10. формируют графики потребности в ресурсах.

Календарный план производства работ в соответствии со СНИП 3.01.01-85 имеет следующую форму:

Календарный план производства работ по объекту (виду работ)

Наименование работ	Объем работ		Затраты труда, чел.-дн.	Требуемые машины		Продолжительность работы, дн.	Число смен	Численность рабочих в смену, чел.	Состав бригады	График работ (дни, месяцы)
	Ед. изм.	Количество		Наименование	Число машин					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Ответственный исполнитель _____

Исходными данными для разработки КП в составе ППР служат:

- КП в составе ПОС;

-нормативы продолжительности строительства или директивное задание;
-технологические карты на строительные, монтажные и специальные работы;

-РД и сметы;

-данные об организациях – участниках строительства, составе бригад и достигнутой ими производительности, имеющихся механизмах и возможностях получения необходимых материальных ресурсов.

КП производства работ на объекте состоит из двух частей: левой – расчетной и правой – графической; отсюда такие планы называют графиками. Графическая часть может быть линейной (линейный график Ганта, циклограмма) или сетевой.

Объемы работ определяют по руководящим документам и сметам.

Трудоемкость работ и затраты машинного времени подсчитываются по различным нормам. Объективность решений КП во многом определяется выбором источника данных по трудозатратам.

Нормативной базой могут служить:

- ЕНиР **Единые нормы и расценки** (МНиР (местные нормы и расценки), ВНиР (ведомственные нормы и расценки));

- калькуляции на основе ЕНиР;

- сметные нормативы (СНиП, ч.4, ЕРЕР (единые районные единичные расценки));

- укрупненные комплексные нормативы (УКН);

- выработка удельная в натуральном ($\text{м}^3/\text{чел-дн.}$ и т.п.), стоимостном ($\text{руб}/\text{чел-дн.}$ и т.п.) или объемно-конструктивном измерении ($\text{чел-дн}/\text{этаж}$, $\text{чел-дн}/\text{квартиру}$ и т.п.).

Определение продолжительности работ

При составлении календарных планов четко определяются методы производства работ, определяется перечень машин и механизмов необходимых для выполнения работ. Составляя календарный план весьма важно обеспечить эффективную эксплуатацию машин и оборудования, а именно: установить сменность работы, свести к минимуму простой, устранить лишнее перемещая техники и т.п.

Продолжительность и производительность всех видов работ должна согласовываться с производительностью применяемой техники. Для обеспечения этого соответствия рассчитывают продолжительности работ и ритм работы.

Продолжительность механизированных работ $T_{\text{мех}}$ рассчитывают по формуле:

$$T_{\text{мех}} = N_{\text{маш-см}} / (n_{\text{маш}} m) \quad (2.1)$$

где $N_{\text{маш-см}}$ –потребное количество машино-смен (гр.б); $n_{\text{маш}}$ -количество машин; m -количество смен работы в сутки.

Необходимое количество машин определяется объемами строительномонтажных работ, характером этих работ и сроками выполнения.

Продолжительность видов работ выполняемых в ручную определяют по

формуле:

$$T_p = Q_p / n_{\text{ч}} \quad (2.2)$$

$n_{\text{ч}}$ – количество рабочих

Q_p (чел-дн) – трудоемкость работ

Число рабочих для каждого технологического процесса определяют делением фронта работ на участки, их размер должен быть равен сменной производительности. Умножив число участков на число звеньев мы можем определить численность бригады на каждой захватке.

Сокращение продолжительности работ ограничено тремя ограничениями:

1. размер фронта работ;
2. количество рабочих;
3. технологическими условиями и ограничениями.

Определение числа смен

Как правило, в промышленной практике число смен работы производственных звеньев составляет не менее двух. Это обусловлено тем, что при производстве строительно-монтажных работ применяют большое число различной техники, с целью сведения к минимуму её простоя устанавливается сменность. Кроме того в условиях крайнего севера ряд работ значительно дешевле производить в теплое время года (зимой применяется повышающий коэффициент).

Работы без применения машин обычно ведутся в одну смену.

Сменность работ, выполняемых в ручную и с помощью инструментов зависит от обеспеченности рабочими кадрами и фронта работ.

Определение количества бригад и рабочих

Эти параметры должны соответствовать трудоёмкости работ, нормам времени и проектной продолжительности работ. Важным моментом при расчете количества бригад является обеспечение беспрепятственного перехода с одной захватки на другую. Это означает, что при переходе между захватками не должно возникать необходимости в численном и/или квалификационном составе бригад. Как правило состав бригад носит постоянный характер (с учетом межличностных, родственных, производственных, религиозных, национальных и других связей между работниками). Эти особенности также важно учитывать при составлении календарных планов.

Расчет состава бригады

Расчет состава необходимо производить в строй последовательности:

1. намечают комплекс работ, поручаемых бригаде;
2. подсчитывают трудоемкость работ, входящих в комплекс;
3. из калькуляции выбирают затраты труда по профессиям и разрядам рабочих;
4. устанавливают рекомендации по рациональному совмещению профессий;

5. на основе данных о времени, необходимом ведущей машине для выполнения намеченного комплекса, устанавливают продолжительность ведущего процесса;
6. рассчитывают численный состав звеньев и бригад;
7. определяют профессионально-квалификационный состав бригад

После выполнения всех указанных расчетов определяют количество рабочих в каждом производственном звене. Для этого применяют формулу:

$$N_{зв} = Q_p / (T_{мех} m) \quad (2.3)$$

где: $N_{зв}$ - количество работников в производственном звене; Q_p (чел-дн) – затраты труда на работах, порученных звену; $T_{мех}$ (дн) – продолжительность выполнения; m -количество смен работы в сутки.

Трудовые затраты необходимо разделять по профессиям и квалификационным категориям. Затем на основе этих расчетов выполняется калькуляция трудозатрат.

Для определения численности рабочих по профессиям и квалификационным категориям применяется формула:

$$N_{рп} = N_{бр} d \quad (2.4)$$

где $N_{бр}$ – общая численность бригады; d -удельный вес по профессиям и разрядам в общей трудоемкости работ.

Довольно часто в промышленной практике не удается получить целочисленного профессионального и квалификационного состава бригады. В этом случае допускается совмещение профессий (при условии такой возможности в аспекте нормативно-правового регулирования). Но, надо учитывать, что работники не должны выполнять более 15% работ по совместительству от общей трудоемкости. Как показывают наблюдения авторов данного учебного пособия – в противном случае, это может привести к снижению качества выполнения работ и к снижению производительности труда.

Для наглядного представления выполнения работ во времени предназначена первая часть календарного плана – график производства работ. Его основная цель – определение последовательности выполнения работ и их взаимоувязка между собой.

Важной задачей при составлении календарных планов-графиков является сокращение сроков строительства. В промышленной практике основным резервом сокращения сроков является поточное выполнение работ.

Виды работ не связанные между собой выполняются независимо друг от друга. Взаимосвязанные работы должны выполняться непрерывно.

При составлении календарных планов необходимо учесть ряд технико-технологических особенностей строительства возводимых объектов, а именно: последовательность возведения отдельных блоков, последовательность их ввода в эксплуатацию, порядок сдачи, последовательность технологических цепочек по монтажу и прочее.

В общем виде календарные план состоит из двух частей: определение продолжительности всех видов работ и расчет параметров строительных процессов.

При составлении календарного плана-графика начинают с ведущего процесса (или работы) – именно от этих процессов (работ) в значительной степени зависит продолжительность строительства. Все остальные работы (процессы) увязывают с с ведущим процессом. При возведении крупномасштабных и сложных технологических объектов ведущих процессов может быть несколько. Не ведущие процессы делятся на две группы: процессы выполняемые поточно и процессы выполняемые вне потока.

В расчетной части календарного плана определяют: трудоёмкость всех видов работ; машиноёмкость строительных процессов; число машин и рабочих и т.д. (см. форму календарного плана в начале темы 2)

ЛЕКЦИЯ 3. ЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Данные модели календарного планирования носят название по имени ученого впервые их предложившего – **линейные графики Г.Л. Гранта**. Они нашли широкое применение в нефтегазовом строительстве в виду своей простоты и наглядности. Линейные графики обычно применяют при возведении сравнительно небольших объектов с малым количеством строительных процессов. Данные виды календарных планов-графиков используются с конца XIX века по сегодняшний день.

Линейные график состоит из двух частей – левой части (или определителя) и правой части – в которой представлено графическое изображение времени выполнения работ. Определитель содержит виды и объёмы работ, трудоёмкость, информацию об исполнителях и применяемой техники, а также в определителе указывается продолжительность работ.

Все виды строительных процессов делят на поточные, последовательные и параллельные.

Поточный метод – является основным при возведении объектов нефтегазового строительства. Данный метод довольно затратный, так требует большего число исполнителей и техники. Но поточный метод обеспечивает планомерную непрерывную и ритмичную работу по возведению объектов, минимальные временные затраты. Это довольно важно в районах крайнего севера и приравненных к ним местностям.

Впервые поточный метод организации работ был применен в 1913 году Генри Фордом. Иначе поточный метод известен как конвейерный метод.

При поточном методе строительные процессы разделяют на более простые последовательно выполняемые работы. Машины и оборудование вводят в эксплуатацию и расставляют в порядке технологической последовательности возведения объекта – образуется технологическая цепочка. Таким образом строительные работы выполняются от захватки до захватки (от поста к посту),

объект возводиться несколькими постами, строительные работы запускаются как бы одновременно и в определенный момент времени находятся в разной степени готовности.

Равномерность выполнения строительных процессов по технологической цепочке является основным свойством поточного строительства. Для того чтобы это обеспечить необходимо ритм строительных потоков (общая продолжительность работ на каждом этапе) на каждой захватке был одинаков.

При поточной организации в нефтегазовом строительстве придерживаются следующих принципов:

1) расчленение сложного процесса строительства на составляющие его простые процессы или операции;

2) в соответствии с этим расчленением - разделение труда между исполнителями и специализация их на выполнении этих простых процессов или операций;

3) разделение всего фронта работ на захватки (для возможности совмещения процессов) и установление на них по возможности одинаковой продолжительности выполнения каждого процесса (для обеспечения ритмичности производства);

4) определение рациональной очередности выполнения работ на захватках при максимально возможном совмещении разнородных процессов во времени и в пространстве;

5) обеспечение организованности и непрерывности производства.

При последовательном методе каждый объект строительства возводится за период «Тн» и только после окончания предыдущего. Средняя интенсивность потребления ресурсов при этом минимальна и равна « r_1 ». Недостаток этого метода производства работ состоит в том, что удлиняется общий срок строительства ($T_1 = mT_n$) и образуются вынужденные перерывы в работе бригад, выполняющих отдельные процессы, в случае их специализации.

При параллельном методе все объекты сооружаются одновременно и срок строительства их равен времени возведения одного объекта ($T_2 = T_n$), т.е. он значительно ускоряет строительство. Недостатком этого метода является то, что при этом требуется максимальное количество материально-технических ресурсов ($r_2 = r_1 m$).

Для наглядности на рисунке 3.1 приведено сравнение методов организации строительства

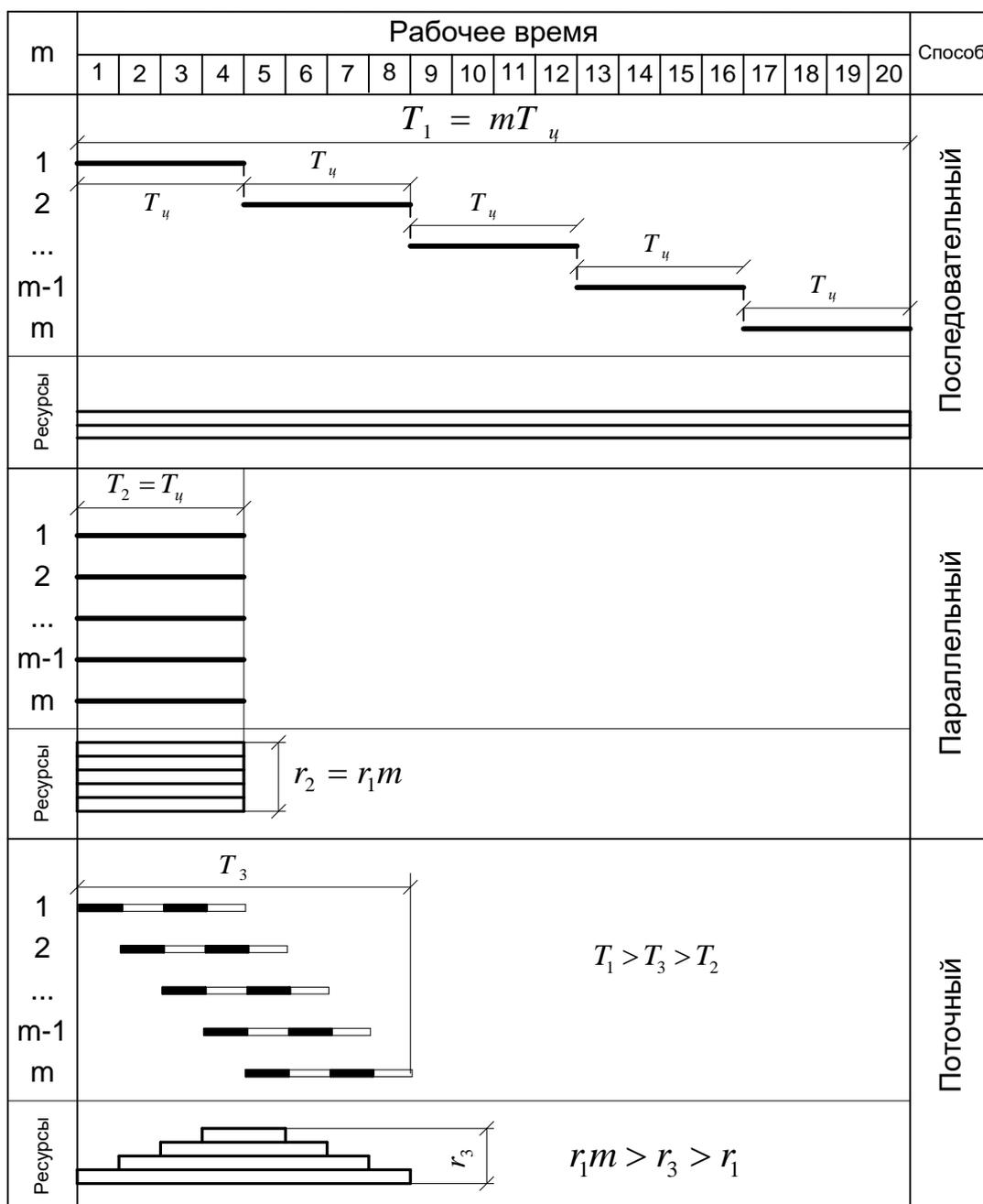


Рисунок 3.1 – Сравнение методов организации строительства

Поточный метод объединяет преимущества последовательного и параллельного методов. Временные затраты при поточном методе меньше чем в последовательном, а затраты ресурсов (рабочей силы, маши и механизмов, финансовых ресурсов и др.) меньше чем в параллельном методе.

ВИДЫ ПОТОКОВ

В нефтегазовом строительстве применяются различные способы организации строительных потоков, способы разделения и совмещения отдельных технологических операций, различные способы строительства и т.п. С учетом этого на рисунке 3.2 дана классификация строительных потоков.

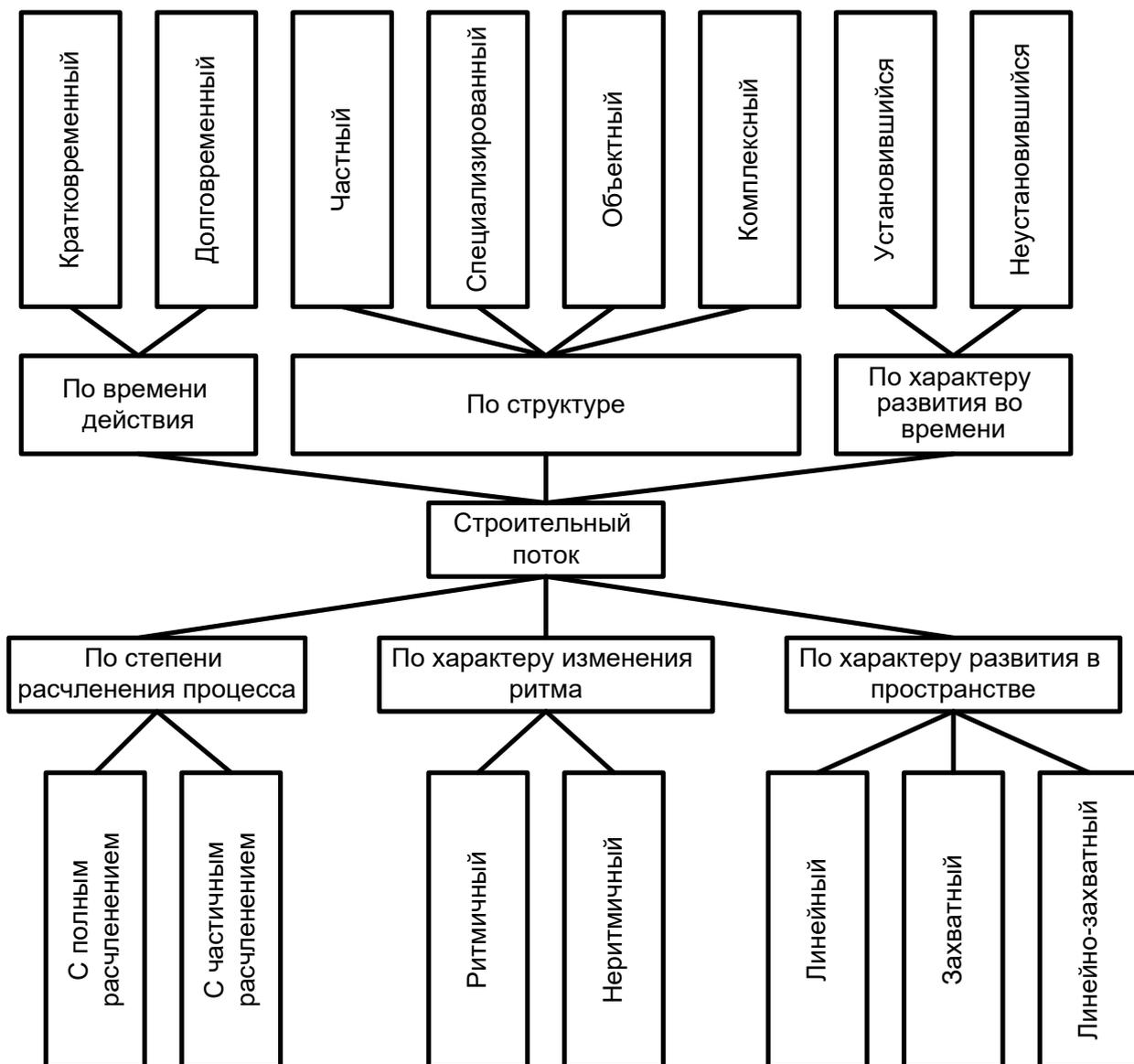


Рисунок 3.2 – Классификация строительных потоков

Параметры строительного потока это его основные пространственные и временные характеристики. Каждый вид строительного потока характеризуется собственными параметрами (см. рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Классификация и обозначение параметров строительных потоков

Параметры строительных потоков имеют строгие математические взаимосвязи между собой, строгие алгоритмы расчета параметров. Расчет строительных потоков в значительной мере упрощает моделирование и проектирование в нефтегазовом строительстве, позволяет вывить резервы времени и ресурсов. Расчетам различных видов строительных потоков посвящены последующие темы данного учебного пособия.

ЛЕКЦИЯ 4. РАСЧЕТ РИТМИЧНЫХ И РАЗНОРИТМИЧНЫХ ПОТОКОВ

4.1 Расчет ритмичных строительных потоков

По ритмичности выделяют ритмичные и не ритмичные потоки. Ритмичные потоки подразделяются на равноритмичные и разноритмичные потоки.

Равноритмичные строительные потоки самые простые виды из всего многообразия строительных потоков. Они характеризуются тем, что ритмы работы бригад одинаковы и равны ритму строительного потока. Математически это описывается выражением:

$$K_1 = K_2 = \dots = K_n = K = const \quad . \quad (4.1)$$

В равноритмичных потоках число бригад в потоке « b_i » равно числу процессов, т.е. $b_i = n$.

Продолжительность частных потоков из которых состоит равноритмичный строительный поток – это постоянная величина, причем продолжительности всех частных потоков равны между собой.

Математически это описывается выражением:

$$t_i = t_1 = t_2 = \dots = t_n = Km = const . \quad (4.2)$$

В нефтегазовом строительстве технологическую увязку равноритмичных строительных потоков выполняют с соблюдением следующих принципов:

- интервалы между захватками должны быть равны ритму потока;
- на захватках работает либо одна бригада, либо несколько бригад но с одинаковым ритмом;
- обычно специализированные строительные потоки внутри равноритмичного потока выполняют последовательно. Исключением является необходимость одновременного параллельного выполнения специализированных потоков;
- желательно придерживаться одинакового размера всех захваток;
- все работы на каждой их последующих захваток должны заканчиваться не позднее, чем через временной отрезок равный ритму потока.

Графически равноритмичные строительные потоки в нефтегазовом строительстве выполняют в виде циклограмм.

Циклограмма строительного потока – это график состоящий из наклонных отрезков, который показывает развитие потока во времени и пространстве (см. рисунок 4.1).

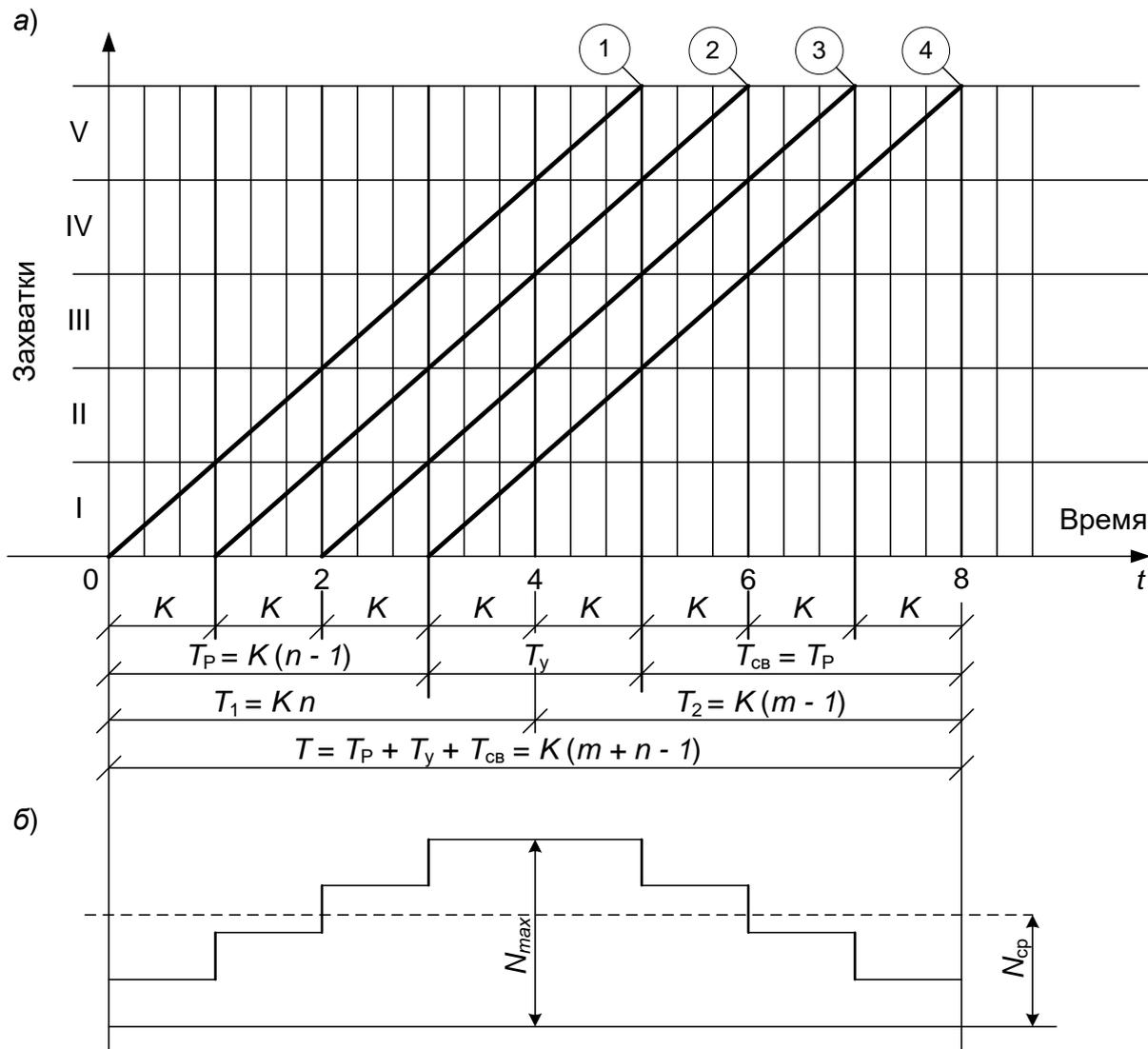


Рисунок 4.1 – Циклограмма равноритмичного строительного (а) и характер потребления трудовых ресурсов (б)

Для расчета продолжительности равноритмичных потоков применяю одну из формул:

$$T = K(m + n - 1) \quad (4.3)$$

где K – ритм строительного потока

$$T = T_p + T_y + T_{св} . \quad (4.4)$$

где T_p – время развёртывания потока; T_y – время устранившегося потока; $T_{св}$ – время свёртывания строительного потока

Первая формула может меняться в большую сторону в случае введения перерывов (технологических или организационных). Величина вводимых перерывов должна быть кратной (или равной) величине ритма строительного потока.

Во второй формуле содержится три параметра.

Время развёртывания строительного потока – это время необходимое

для того, что бы все исполнители включились в работу (завоз материалов, оборудования, машин, прибытие строительных бригад к месту производства работ, формирование расписания, установления числа смен и прочее).

Время свёртывания строительного потока – это время за которое все исполнители выходят из строительного потока (вывоз техники, отходов, перевозка бригад на другие объекты и прочее).

Период установившегося строительного потока – время в течение которого выполняются основные работы по строительству. Этот период характеризуется максимальным и равномерным расходом всех видов ресурсов. Чем больше этот период, тем эффективнее строительный поток.

Основные показатели равномерного потока:

1. Равномерность движения рабочих.

Для её нахождения применяют формулы:

$$\alpha = N_{cp} / N_{max} \quad (4.5)$$

$$\alpha = m / (m + n - 1) \quad (4.6)$$

2. Стабильность строительного потока.

$$\beta = T_y / T \quad (4.7)$$

$$\beta = [m - (n - 1)] / [m + (n - 1)]. \quad (4.8)$$

Как следует из формул (5 – 8), значения α и β асимптотически стремятся к единице при увеличении фронта работ (числа захваток).

При масштабных строительных проектах в нефтегазовой отрасли (с большим количеством захваток и строительных процессов) α и β будут стремиться к 1.

Разноритмичные строительные потоки

Если строительный поток разноритмичный это означает, что ритм работы бригады постоянный в рамках захватки, но по разные бригады имеют различные ритмы. Математически это описывается формулой 4.9

$$K_1 \neq K_2 \neq \dots \neq K_n. \quad (4.9)$$

Выделяют разновидность разноритмичного потока – кратноритмичный поток. Для кратноритмичного потока характерно кратность ритмов работы бригад по строительным процессам. Математически это описывается равенством 4.10

$$K_i = K_{min} C, \quad (4.10)$$

где $C = 1, 2, 3, 4 \dots$ - коэффициент кратности строительного потока.

Увязка разноритмичных потоков имеет свои особенности. Увязку таких потоков производят по следующему принципу: если ритмы процесса нарастают (ритм предыдущего процесс меньше по сравнению с ритмом последующего

процесса), то в таком случае максимальное допустимое сближение процессов будет находиться на первой захватке; если наоборот (ритм последующих процессов меньше чем ритм предыдущего), то максимальное допустимое сближение будет на последней захватке.

Циклограмма разноритмичного строительного потока представлена на рисунке 4.2.

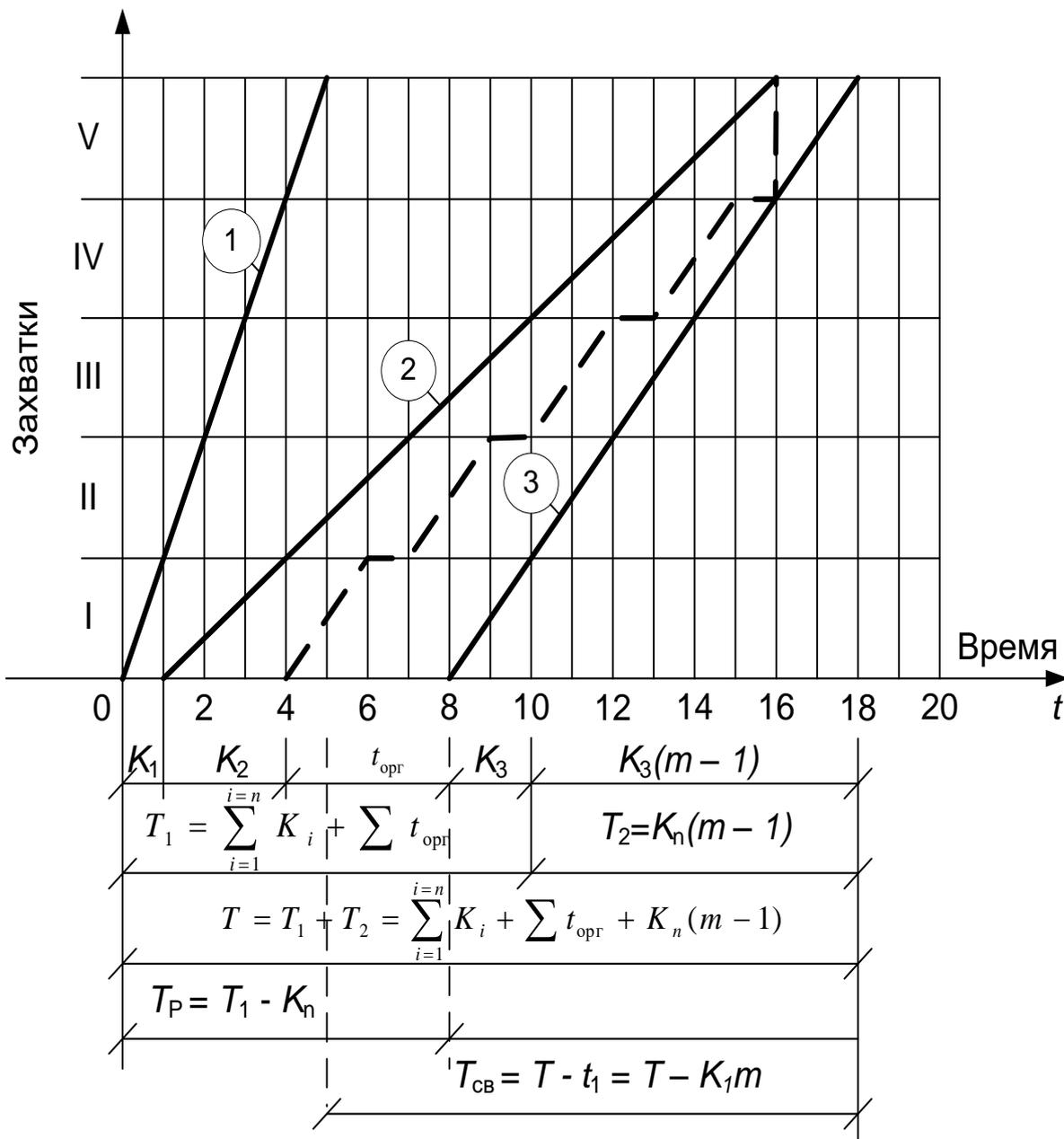


Рисунок 4.2 – Модель разноритмичного потока в виде циклограммы

В нефтегазовом строительстве, в большинстве случаев, требуются организационные перерывы. Они обеспечивают непрерывность работы бригад, способствуют нормальному ходу технологических процессов, обеспечивают бесперебойность поставок и пр. Время организационного перерыва определяют по формуле:

$$t_{\text{opc}} = (K_i - K_{i+1})(m-1) \quad (4.11)$$

4.2. Расчет разноритмичных строительных потоков

Довольно часто в практике нефтегазового строительства невозможно организовать равноритмичные строительные потоки. Это вызвано рядом причин: в одном строительном потоке объединены различные по технологическому назначению и по сложности возведения объекты; значительные конструктивные различия возводимых объектов; существенные различия в объемах работ по захваткам; трудоёмкость, машиноёмкость, технологичность и организационные условия по захваткам имеют существенные различия.

Грубо говоря, организация поточного строительства при таких условиях невозможна. На практике в данном случае теорию поточного строительства применяют к возведению групп разнородных объектов – в данном случае речь идет о разноритмичных строительных потоках.

Неритмичные строительные потоки в нефтегазовом строительстве

Данный вид потоков в отличие от разноритмичных характеризуются значительным изменением ритма работы каждой бригады по захваткам.

При расчетах продолжительности строительного процесса в неритмичном строительном потоке применяют формулу 4.12

$$t_i = K_i^I + K_i^{II} + \dots + K_i^m . \quad (4.12)$$

То есть, продолжительность строительного процесса определяется как сумма его ритмов по захваткам.

Неритмичные строительные потоки в нефтегазовом строительстве осложняются довольно частым наличием критических захваток.

Критическая захватка – это захватка на которой последующий процесс начинается сразу после завершения на ней предыдущего процесса при непрерывном его выполнении на всех других захватках

Как мы уже указывали в предыдущих разделах данного учебного пособия – в нефтегазовом строительстве всегда производят увязку строительных потоков. В неритмичных потоках увязка процессов осложнена необходимостью проверки готовности фронта работ и возможности свободного выполнения каждого специализированного и частного строительного потока на всех технологических этапах строительства. При увязке процессов в неритмичном потоке используют три метода: графический, аналитический и матричный.

Для построения циклограммы неритмичного строительного потока требуется увязка всех строительных процессов. Исходные данные представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчетов и построений

Номера захваток	Ритмы процессов:			
	А	Б	В	Г
I	1	2	4	6
II	3	7	6	5
III	4	6	3	1
IV	5	4	2	3

При **графическом** методе работу первой бригады на циклограмме показывают сплошной линией A , работу второй бригады первоначально показывают штриховой линией B^* , начало которой соответствует моменту окончания работы первой бригады на первой захватке (см. рисунок 4.3). На второй захватке вторая бригада может начать работу только после того, как её освободит первая бригада (после четвертого дня). Поэтому в течение третьего дня обе бригады будут иметь недопустимое совмещение на второй захватке (заштрихованный участок).

Аналогично поступают на всех других захватках. Определив наибольшее допустимое совмещение, его величину прижимается за организационный перерыв между смежными процессами. Если организационный перерыв не будет назначен, то мы получим простой бригад.

Отложив величину организационного перерыва от точки возможного начала процесса B , получим время (точку) действительного его начала (после второго дня) и покажем окончательное положение процесса B сплошной линией. Таким же образом увязывают каждую пару смежных процессов (см. рисунок 4.3).

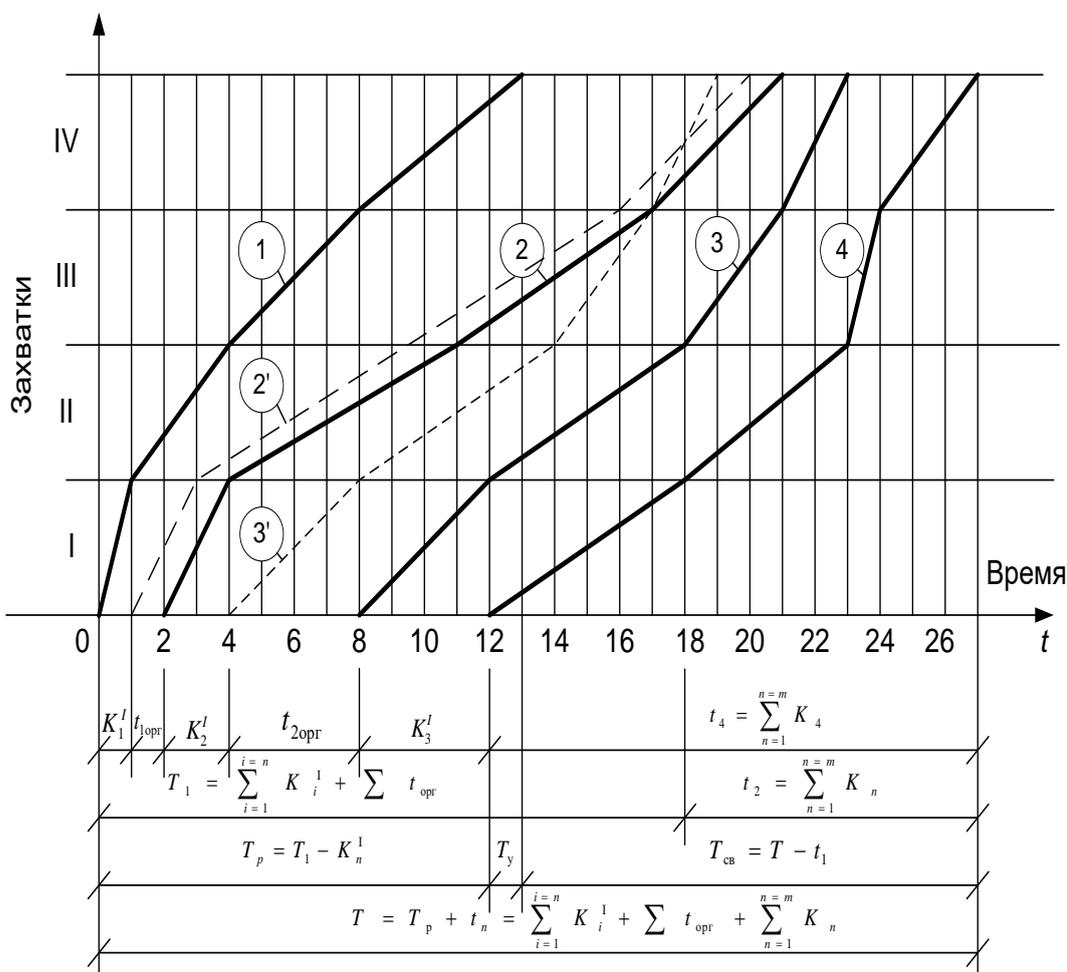


Рисунок 4.3 – Модель неритмичного потока в виде циклограммы

На рисунке 4.3 цифрами обозначено: 1, 2, 3, 4 – номера процессов после увязки графическим способом; 2',3' – номера процессов до увязки

Графический метод при увязке неритмичных строительных потоков методологически сравнительно прост, но не лишен недостатков. Этот метод довольно трудоёмок, так как нужно несколько раз корректировать чертежи, выполнять дополнительные чертежные работы и начинающим специалистам «читать» сложные чертежи проблематично, особенно при большом количестве процессов и захваток.

Аналитический метод

Его применение позволяет без лишних чертежных работ найти организационные перерывы и легко увязать строительные потоки. Все расчеты производят по формулам без графических построений.

Методика расчетов при аналитическом методе увязки:

для первой бригады – выписывают продолжительность её работы нарастающим итогом на всех захватках, начиная со второй, фиксируя отдельно каждое значение; для второй бригады – выписывают продолжительность её работы нарастающим итогом на всех захватках, начиная с первой, также фиксируя отдельно каждое значение. Полученные два ряда чисел записывают один под другим, и из чисел первого ряда вычитают числа второго ряда. Разность со знаком «плюс» показывает величину простоя бригады, а разность со знаком «минус» показывает величину простоя подготовленного фронта работ. Наибольшее положительное значение разности покажет величину необходимого организационного перерыва между смежными процессами.

Пример увязки строительных потоков аналитическим методом приведен ниже:

Бриг. А - $\sum_{II}^m K_A = 3$	7	12	
Бриг. Б - $\sum_I^{m-1} K_B = 2$	9	15	$t_{орг} = 1 \text{ день}$
	+1	-2	-3
Бриг. Б - $\sum_{II}^m K_B = 7$	13	17	
Бриг. В - $\sum_I^{m-1} K_B = 4$	10	13	$t_{орг} = 4 \text{ дня}$
	+3	+3	+4
Бриг. В - $\sum_{II}^m K_B = 6$	9	11	
Бриг. Г - $\sum_I^{m-1} K_G = 6$	11	12	$t_{орг} = 0 \text{ дней}$
	0	-2	-1

Между процессами В и Г организационного перерыва нет.

ЛЕКЦИЯ 5. РАСЧЕТ НЕРИТМИЧНЫХ ПОТОКОВ

Матричный метод расчета неритмичных строительных потоков по трудоемкости незначительно сложнее аналитического метода, он позволяет не только выполнять увязку строительных процессов, но и рассчитать некоторые других параметры строительного потока.

Матричный метод основан на том, что исходные данные представляются в виде клеточной матрицы, в строках этой матрицы записываются захваты, в столбцах матрицы записываются строительные процессы.

Посередине клеток указывают продолжительность строительного процесса на данной захватке.

В верхнем левом углу указывают время начала строительного процесса.

В нижнем правом углу указывают время окончания процесса на захватке.

В первой (в верхней левой) клетке матрицы указывают первый строительный процесс, время его начала – это ноль. Расчет для первого процесса выполняют от первой захватки к последней, в каждой клетке матрицы записывают время начала и конца каждого строительного процесса по всем захваткам. Параметры всех остальных процессов (кроме первого) можно вести в любом направлении: от 1-й до последней захватки; от последней к 1-й; от любой захватки в любом направлении (к началу или к концу).

Время начала любого строительного процесса, в любой клетке матрицы (кроме первого процесса) не может быть меньше чем время окончания предыдущего процесса на той же захватке (нижний угол соседней клетки). Это время всегда должно быть большим или равным.

Пример матричного расчета представлен в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Матричный алгоритм расчета неритмичного потока

Номера захваток	Ритмы процессов:			
	А	Б	В	Г
I	0 1 1	2 2 4	8 4 12	12 6 18
II	1 3 4	4 7 11	12 6 18	18 5 23
III	4 4 8	11 6 17	18 3 21	23 1 24
IV	8 5 13	17 4 21	21 2 23	24 3 27

Данная матрица – это точное отображение циклограммы строительного потока, которая представлена на рисунке 4.3. Матричный способ расчет

ЛЕКЦИЯ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ

Довольно часто в практике нефтегазового строительства возводятся сразу несколько объектов, причем для каждого из них характерен свой ритм. В данном случае вопрос очередности возводимых объектов является довольно важным. Среди всего многообразия возможных вариантов очередности возведения есть только один оптимальный – это тот вариант, который обеспечит минимальный срок возведения объектов при прочих равных условиях. Количество всех вариантов можно определить числом перестановок ($m!$). Конечно можно найти все возможные варианты, окинуть те из них которые не подходят по технологическим, организационным или по другим причинам; после чего выполнить расчеты каждого из вариантов. Но этот путь довольно трудоёмкий. Наиболее простой способ нахождения оптимальной очередности возведения объектов это метод «ветвей и границ».

Данный метод основан на нахождении минимальной продолжительности строительного потока и на нахождении оптимальной очередности возведения объектов. В результате продолжительность строительного потока оказывается минимальной.

Для наглядности и легкости понимания данного метода приведем пример.

Предположим, что возводятся четыре объекта нефтегазового строительства, для возведения каждого из четырех объектов осуществляется четыре комплексных строительных процесса. Ритмы всех процессов представлены в таблице 6.1

Таблица 6.1 - Исходные данные для цифрового примера

		Ритмы процессов			
		А	Б	В	Г
Номера объектов (захваток)	I	1	6	5	2
	II	3	4	7	3
	III	2	3	4	8
	IV	4	2	3	1
		$t_{AB}=1$	$t_{BB}=6$	$t_{BG}=11$	

Решение этой задачи методом ветвей и границ состоит из 4 этапов.

Первый этап

Составляется таблица, пример которой приведен выше. После того рассчитывают продолжительность строительного потока – она равна сумме интервалов времени между началами смежных процессов плюс продолжительность последнего процесса. В нашем примере : $T_{II} = t_{AB} + t_{BB} + t_{BG} +$

$t_{\Gamma} = 1 + 6 + 11 + 14 = 32$. Затем выполняют построение циклограммы строительного потока (см. рисунок 6.1)

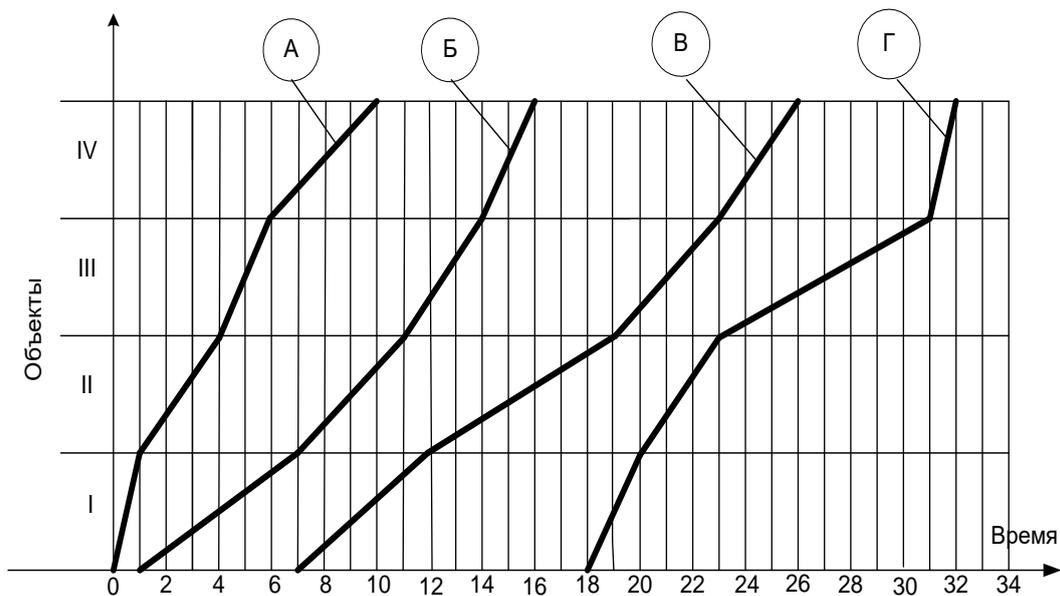


Рисунок 6.1 - Модель исходного варианта потока в виде циклограммы

Второй этап

По данным исходной таблицы (см. таблицу 6.1) составляются парные матрицы для смежных строительных процессов. После это их оптимизируют по определенной методике:

1. в парной матрице находят минимальное значение частного ритма. Если оно принадлежит первому процессу, то данную строку записывают на первом месте (сверху); если ко второму процессу, то строку помещают на последнее место

2. Строка, записанная в формируемую оптимизированную парную матрицу, из дальнейшего рассмотрения исключается.

3. Из оставшихся значений частных ритмов вновь находят минимальное значение, и шаг этот повторяют, заполняя строки, ближайšie к первой или последней, до тех пор, пока не заполнится вся формируемая оптимизированная парная матрица.

Аналогично формируют и остальные оптимизированные парные матрицы (таблица 6.2).

Получив оптимизированные матрицы определяют предельно возможный минимум продолжительности потока (ПВМП) как сумму интервалов времени между началами смежных процессов плюс продолжительность последнего процесса. В нашем примере $ПВМП = 1+2+6+14=23$ (см. таблицу 6.2).

Данная методика названа по имени ученого впервые её предложившему-методика С.М. Джонсона.

Таблица 6.2 – Оптимизированные (по С.М. Джонсону) парные матрицы

Объекты	Процессы	
	А	Б
I	1	6
III	2	3
II	3	4
IV	4	2

$t_{AB}=1$

Объекты	Процессы	
	Б	В
IV	2	3
III	3	4
II	4	7
I	6	5

$t_{BB}=2$

Объекты	Процессы	
	В	Г
III	4	8
II	7	3
I	5	2
IV	3	1

$t_{BG}=6$

Этап 3 – осуществляют построение порфириана («дерева цели») (рисунок 9) с поочередным закреплением на месте первого строящегося объекта каждого из возводимых зданий, а на последующих местах каждого из оставшихся объектов. Построение порфириана позволяет наглядно представить себе весь ход решения задачи и не выполнять лишних вычислений. Каждому элементу порфириана соответствует одна рабочая матрица специальной формы. В рабочих матрицах в первой строке последовательно записываются закрепленные объекты (поочередно все строки исходной матрицы), а данные в ниже расположенных строках записываются для каждой пары смежных процессов из оптимизированных парных матриц, сформированных по методу С.М. Джонсона (таблица 6.2).

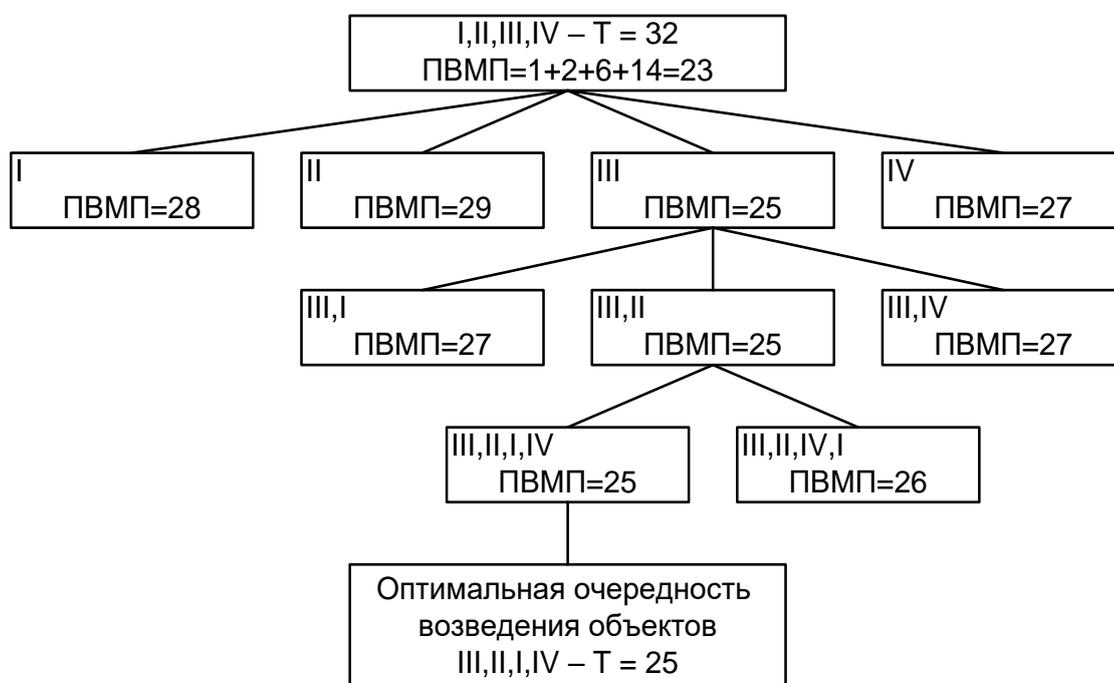


Рисунок 6.2 – Порфириан решения задачи

Таблица 6.3 – Форма и расчет матриц на 3-м этапе решения задачи

Закрепленная строка	Ритмы процессов					
	А	Б	В	Г		
I	1	6	5	2		
а)	2	3	2	3	4	8
	3	4	3	4	7	3
	4	2	4	7	3	1

$$t_{AB}=1 \quad t_{BB}=6 \quad t_{BG}=7$$

$$ПВМП = 1 + 6 + 7 + 14 = 28$$

Закрепленная строка	Ритмы процессов					
	А	Б	В	Г		
II	3	4	7	3		
б)	1	6	2	3	4	8
	2	3	3	4	5	2
	4	2	6	5	3	1

$$t_{AB}=3 \quad t_{BB}=4 \quad t_{BG}=8$$

$$ПВМП = 3 + 4 + 8 + 14 = 29$$

Закрепленная строка	Ритмы процессов					
	А	Б	В	Г		
III	2	3	4	8		
в)	1	6	2	3	7	3
	3	4	4	7	5	2
	4	2	6	5	3	4

$$t_{AB}=2 \quad t_{BB}=3 \quad t_{BG}=6$$

$$t_{BG}=7$$

$$ПВМП = 2 + 3 + 6 + 14 = 25$$

Закрепленная строка	Ритмы процессов					
	А	Б	В	Г		
IV	4	2	3	1		
г)	1	6	3	4	4	8
	2	3	4	7	7	3
	3	4	6	5	5	2

$$t_{AB}=4 \quad t_{BB}=2$$

$$ПВМП = 4 + 2 + 7 + 14 = 27$$

После построения и расчета этих матриц определяют ПВМП и матрицу с минимальным его значением продолжают развивать на следующем этапе.

Этап 4 – на этом этапе у матрицы с минимальным значением ПВМП на месте второй строки поочередно закрепляют все оставшиеся строки (объекты) исходной матрицы. Далее цикл расчета повторяют. Выявленные на этом шаге расчета значения ПВМП сравнивают не только между собой, но и с ПВМП оставленных развитием ветвей порфириана. В дальнейшем этот шаг повторяют с последовательным закреплением объектов на месте третьей, четвертой и т.д. строк. На предпоследнем и последнем шагах расчета определяют общий срок строительства T_{II} .

Таблица 6.4 – Форма и расчет матриц на 4-м этапе решения задачи

Закрепленные строки	Ритмы процессов					
	А	Б	В	Г		
III	2	3	4	8		
I	1	6	5	2		
а)	3	4	2	3	7	3
	4	2	4	7	3	1

$$t_{AB}=2 \quad t_{BB}=5 \quad t_{BG}=6$$

$$ПВМП = 2 + 5 + 6 + 14 = 27$$

Закрепленные строки	Ритмы процессов					
	А	Б	В	Г		
III	2	3	4	8		
II	3	4	7	3		
б)	1	6	2	3	5	2
	4	2	6	5	3	1

$$t_{AB}=2 \quad t_{BB}=3 \quad t_{BG}=6$$

$$ПВМП = 2 + 3 + 6 + 14 = 25$$

Закрепленные строки	Ритмы процессов					
	А	Б	В	Г		
III	2	3	4	8		
IV	4	2	3	1		
в)	1	6	4	7	7	3
	3	4	6	5	5	2

$$t_{AB}=3 \quad t_{BB}=3 \quad t_{BG}=7$$

$$ПВМП = 3 + 3 + 7 + 14 = 27$$

Наиболее перспективной после 4-го этапа является матрица с ПВМП = 25

(таблица 6.4). При её развитии получим еще две матрицы, для которых следует находить уже не ПВМП, а общую продолжительность функционирования потока $T_{п}$.

Таблица 6.5 – Матрицы определения общей продолжительности потока

а)

Объекты (захватки)	Ритмы процессов			
	А	Б	В	Г
III	2	3	4	8
II	3	4	7	3
I	1	6	5	2
IV	4	2	3	1

$$t_{AB}=2 \quad t_{BB}=3 \quad t_{BG}=6$$

б)

Объекты (захватки)	Ритмы процессов			
	А	Б	В	Г
III	2	3	4	8
II	3	4	7	3
IV	4	2	3	1
I	1	6	5	2

$$t_{AB}=2 \quad t_{BB}=3 \quad t_{BG}=7$$

$$T = 2 + 3 + 6 + 14 = 25$$

$$T = 2 + 3 + 7 + 14 = 26$$

вывод: матрица, имеющая продолжительность функционирования потока $T = 25$, является оптимальной, т.е. очередность возведения объектов III, II, I, IV позволяет получить минимально возможный срок строительства. Для оптимального варианта очередности включения объектов в поток строят модель потока в форме циклограммы с целью более наглядного (графического) представления полученного решения (рисунок 6.3).

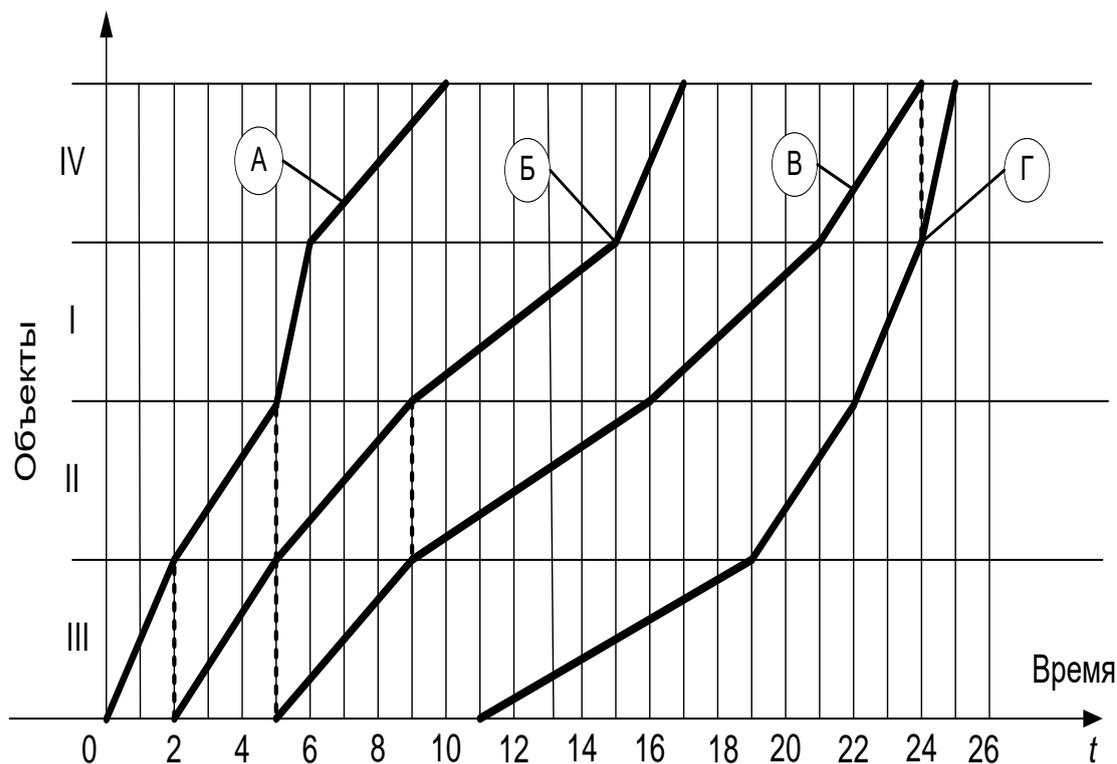


Рисунок 6.3 – Модель оптимального варианта потока (с минимальным сроком строительства)

При большой размерности задачи, для облегчения трудоемких расчетов и их ускорения, а также для проверки ручного расчета, рекомендуется использование программы «Поток», разработанной на кафедре ТОЭС. Полученная после машинного расчета распечатка прилагается к выполненной работе.

ЛЕКЦИЯ 7. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТА В ФОРМЕ ЦИКЛОГРАММЫ

При организации поточного строительства, которое наиболее характерно для возведения объектов, модель строительства (календарный план) приобретает вид циклограммы. Для её разработки процесс возведения объекта разбивают на стадии производства работ:

I – нулевой цикл;

II – возведение (монтаж) основных несущих элементов (каркаса) здания;

III – покрытие и кровельные работы;

IV – послемонтажные работы (плотнично-столярные, специальные, отделочные и т. п.).

В пределах каждой стадии работы группируются и для их выполнения создаются специализированные бригады (потоки), переходящие с захватки на захватку или с объекта на объект. Количество специализированных потоков, как правило, не превышает 10-12, а для небольших объектов 6-8.

Каждый объект разбивается на этажи, участки, захватки и делянки, которые могут назначаться индивидуально для каждой стадии работ, но могут быть и едиными для всех стадий (т.е. одними и теми же для всего объекта).

Поскольку общий срок строительства объекта во многом определяет успех выполнения работ II стадии, то в ее составе выделяют ведущий специализированный поток (чаще всего кладочно-монтажный) и определяют его продолжительность на объекте по формуле (7.1) для работ, на которых преобладают ручные операции.

$$t_i = \frac{R_i}{N_i n_{см} \alpha}, \quad (7.1)$$

где

R_i - трудоемкость i -го вида работ, чел.-дни;

N_i - состав бригады (сменный) на i -м виде работ;

$n_{см}$ - число смен работы в сутках, см;

$\alpha = 1,0 - 1,2$ - коэффициент перевыполнения норм.

Продолжительность механизированных работ определяют исходя из объемов работ (P_i) и сменной эксплуатационной производительности строительных машин ($П_{э.см}$) по формуле (7.2):

$$t_{i.мех} = \frac{P_i}{П_{э.см} n_{см} \alpha}, \quad (7.2)$$

Продолжительность всех остальных специализированных потоков по всем стадиям работ принимают равной или кратной длительности ведущего потока. Исходя из этого условия, определяют составы бригад всех специализированных потоков:

$$N_i = \frac{R_i C}{t_{вед} n_{см} \alpha}, \quad (7.3)$$

где $C = 1, 2, 3, \dots$ - коэффициент кратности.

При строительстве жилищно-гражданских объектов организуют равно- или кратноритмичные потоки, а при возведении промышленных объектов,

характеризующихся разнородностью объемно-планировочных и конструктивных решений, - неритмичные. Поэтому, кроме определения общей продолжительности специализированных потоков, при строительстве промышленных зданий производят расчет частных их ритмов на отдельных участках (захватках):

$$K_{ij} = \frac{R_{ij}}{N_i n_{cm} \alpha}, \quad (7.4)$$

где K_{ij} и R_{ij} - соответственно ритм и трудоемкость выполнения i -го специализированного потока на j -ом участке (захватке).

После установления состава бригад и сроков выполнения специализированных потоков (общих и частных) производят их увязку между собой с учетом технологии и методов строительства, необходимых организационных и технологических перерывов, требований безопасности труда рабочих и схем пространственного развития потока. То есть непосредственно разрабатывают циклограмму строительства объекта, которая будет иметь форму, показанную на рисунке 7.1.

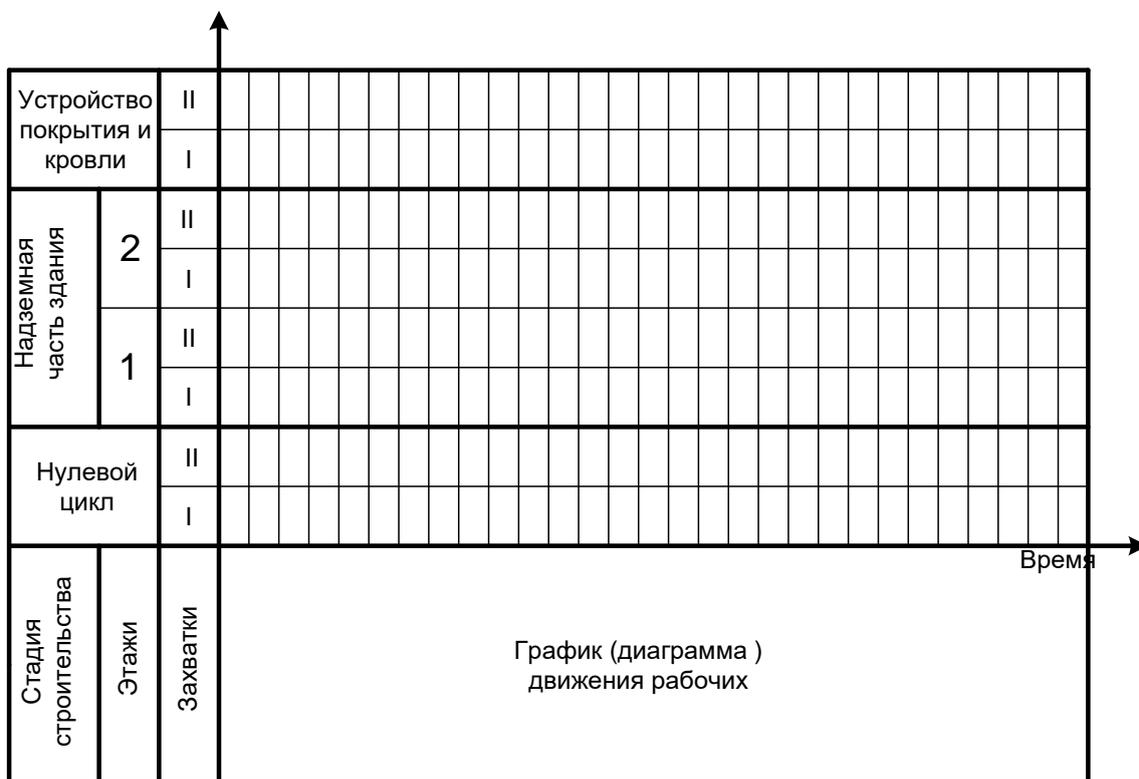


Рисунок 7.1 – Форма модели строительства объекта в виде циклограммы

ЛЕКЦИЯ 8. СЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

8.1 Достоинства метода сетевого планирования и управления строительством и область его применения

В современных условиях при постоянно возрастающих объемах и темпах строительства требуется глубокая научная обоснованность планирования, оперативность в управлении и проведении контроля хода строительства, своевременное и гибкое реагирование на часто изменяющуюся обстановку, умелое маневрирование ресурсами в зависимости от важности и первоочередности работ, сдача объектов в установленные сроки.

Эффективным средством планирования, отвечающим всем этим требованиям, является система сетевого планирования и управления (СПУ) строительством, предназначенная для целенаправленного воздействия на коллективы людей (ряд организаций или фирм), располагающих материально-техническими и финансовыми ресурсами и решающих общую задачу (в строительстве – это получение конечного результата оптимальным путем).

Широкое распространение сетевых методов планирования объясняется целым рядом преимуществ сетевых графиков, представляющих собой организационно-технологическую модель процесса строительства. Основные из этих преимуществ заключаются в следующем.

1) Появляется возможность наиболее полно моделировать процесс строительства, т.е. устанавливать, анализировать и наглядно изображать на графике все работы в их технологической последовательности с учетом существующих между ними зависимостей.

2) Выявляются работы, определяющие продолжительность строительства, что позволяет концентрировать на них необходимые силы, средства и внимание руководителей стройки.

3) Создаются условия для прогнозирования хода строительства, т.е. при различных отклонениях от графика имеется возможность предвидеть дальнейший ход строительства, определить вероятную его продолжительность и предпринимать меры по ликвидации нежелательных срывов и их причин.

4) Появляется возможность использования ПЭВМ в силу того, что метод имеет математически строгий алгоритм расчета временных параметров сетевой модели, а это, в свою очередь, повышает производительность труда инженерно-технических работников и улучшает его качество.

5) Допускается нахождение оптимальных решений по возведению объектов, т.е. имеется возможность анализировать различные варианты плана по расчетным данным сетевого графика и выбирать наиболее эффективный путь для достижения поставленной цели, максимально используя при этом выявленные анализом резервы.

Система сетевого планирования и управления может применяться в любой сфере деятельности человека, но наиболее целесообразно и эффективно её применение для следующих видов деятельности:

- научно-исследовательские работы;

- проектные работы (ОКБ, проектные институты, строительные организации и фирмы);
- экспериментальное строительство;
- строительство и монтаж крупных и сложных промышленных и гражданских объектов;
- реконструкция и капитальный ремонт действующих промышленных и гражданских объектов;
- проведение крупных организационных мероприятий (международных научных симпозиумов, спортивных олимпиад и т.д.).

8.2 Основные понятия и элементы сетевого графика

Специфической структурной частью системы СПУ является **сетевая модель**, представляющая собой графическое изображение процесса строительства с указанием организационных и технологических взаимосвязей между работами без расчета параметров. Сетевую модель с рассчитанными временными параметрами называют **сетевым графиком**. Структуру сетевого графика, определяющую взаимозависимости выполняемых работ и расположение их на чертеже, называют его **топологией**.

Основными элементами сетевых моделей являются работы и события.

Работы в сетевых моделях различают трех видов:

1) **действительная работа** – производственный процесс, требующий для своего выполнения затрат времени и ресурсов (трудовых, материальных, технических и финансовых);

2) **ожидание** – процесс, требующий затрат только времени. Чаще всего – это технологические или организационные перерывы между работами, необходимые при выбранной схеме производства работ (твердение бетона, гидравлические испытания резервуаров, высыхание отделанных поверхностей и т.п.);

3) **зависимость** (фиктивная работа) – элемент, вводимый для обозначения зависимостей между работами (например, начала одной от окончания другой). Зависимость не требует ресурсов и имеет нулевую продолжительность.

На сетевых моделях и графиках действительные работы и ожидания показывают сплошной стрелкой, а зависимости – штриховой стрелкой. Над каждой стрелкой-работой надписывают краткое, но исчерпывающее, наименование работы, а под ней - необходимые параметры (продолжительность работы, число рабочих, сметную стоимость процесса и т.п.). Для сокращения обозначений и удобства пользования (особенно при работе с ПЭВМ) действительные работы, ожидания и зависимости получают код (шифр), состоящий из номеров начального и конечного для каждой работы событий.

Событие – представляет собой результат окончания одной или нескольких работ, необходимый и достаточный для начала последующих работ. Событие, не имеющее в модели или графике предшествующих работ, называют **исходным (или начальным)**. Событие, не имеющее в модели или графике последующих

работ, называют **завершающим (или конечным)**. В отличие от работ событие не является процессом, свершается мгновенно и не требует затрат ни времени, ни ресурсов. На сетевых моделях и графиках события чаще всего показывают кружками, в которые записывают номера событий. Пример сетевой модели показан на рисунке 8.1.

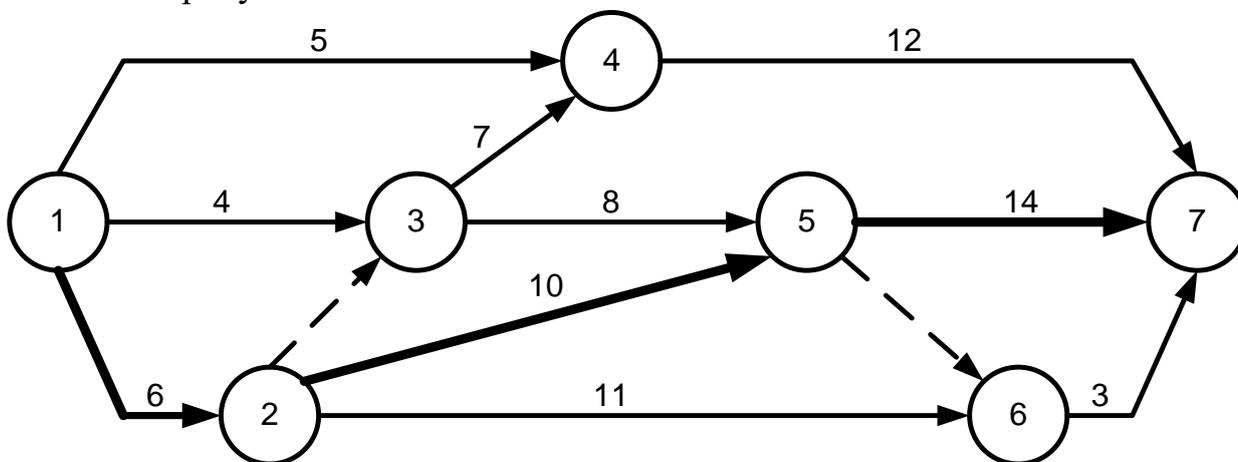


Рисунок 8.1 – Пример сетевой модели:

цифры в кружках – номера событий; над стрелками – продолжительность работ

Путь – это непрерывная последовательность работ в сетевой модели или графике между какой-то парой событий. Длина пути (его продолжительность) определяется суммой продолжительностей составляющих его работ. Любой путь от исходного события до завершающего (т.е. проходящий через всю модель или график) называют **полным путем**. Самый продолжительный полный путь называют **критическим**, т.к. он определяет время, необходимое для выполнения всех работ, включенных в график. Сетевой график может иметь один или несколько критических путей.

В примере модели, показанном на рисунке 12 полных путей несколько:

1 – 4 – 7,	$T_1 = 5 + 12 = 17$ дн.;
1 – 3 – 4 – 7,	$T_2 = 4 + 7 + 12 = 23$ дн.;
1 – 2 – 3 – 4 – 7,	$T_3 = 6 + 0 + 7 + 12 = 25$ дн.;
1 – 3 – 5 – 7,	$T_4 = 4 + 8 + 14 = 26$ дн.;
1 – 2 – 3 – 5 – 7,	$T_5 = 6 + 0 + 8 + 14 = 28$ дн.;
1 – 3 – 5 – 6 – 7,	$T_6 = 4 + 8 + 0 + 3 = 15$ дн.;
1 – 2 – 3 – 5 – 6 – 7,	$T_7 = 6 + 0 + 8 + 0 + 3 = 17$ дн.;
1 – 2 – 5 – 7,	$T_8 = 6 + 10 + 14 = 30$ дн.;
1 – 2 – 5 – 6 – 7,	$T_9 = 6 + 10 + 0 + 3 = 19$ дн.;
1 – 2 – 6 – 7,	$T_{10} = 6 + 11 + 3 = 20$ дн.

Путь 1 – 2 – 5 – 7, имеющий наибольшую продолжительность ($T_8 = 30$ дн.) является критическим. Все работы, лежащие на критическом пути, также называют критическими. Возможность в наглядной форме представить последовательность работ, определяющую общие сроки строительства, имеет чрезвычайно важное значение в планировании, организации и управлении строительством и выгодно отличает сетевые графики от графиков других типов.

В практике разработки и внедрения системы СПУ применяются сетевые

графики различных форм и видов. Их классификация приведена на рисунке 8.2.

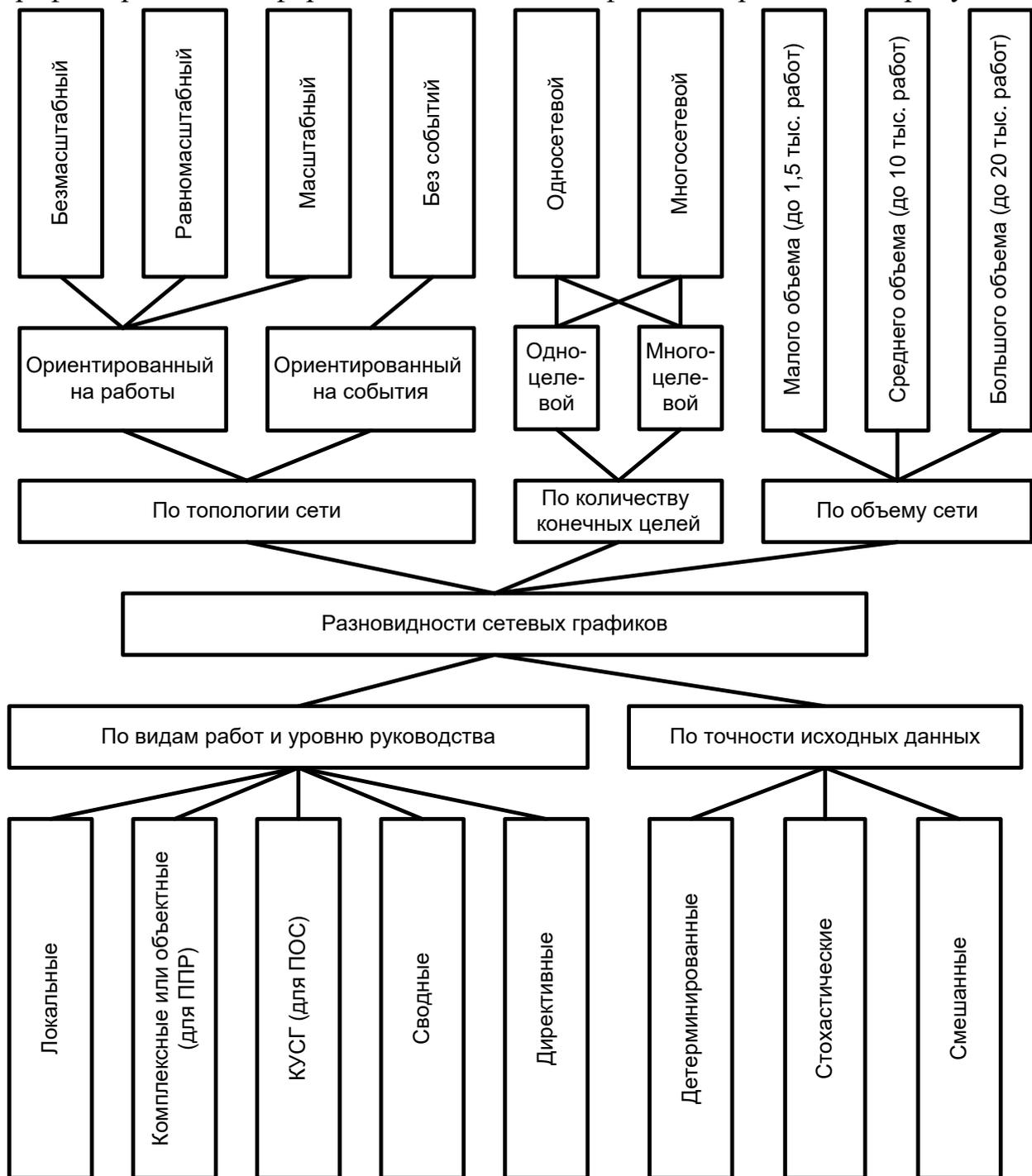


Рисунок 8.2 – Классификация сетевых графиков

8.3 Правила построения сетевых графиков

Из перечисленных разновидностей сетевых графиков наибольшее распространение в строительстве получили безмасштабные и масштабные модели и графики, ориентированные на работы. При построении таких моделей и графиков для правильного отображения организационно-технологических решений и взаимосвязей между работами необходимо придерживаться следующих правил:

1) каждая пара событий может ограничивать только одну работу (т.е. нельзя допускать различных работ с общими начальным и конечным событиями). В случае параллельного выполнения нескольких работ в модель следует вводить дополнительные события и зависимости (рисунок 8.3);

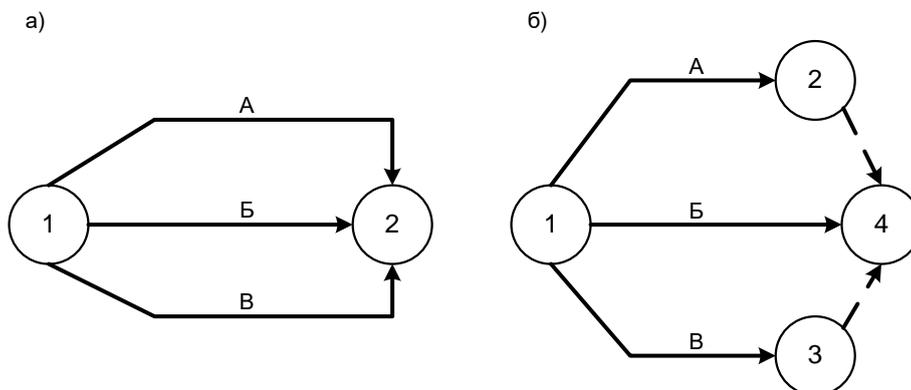


Рисунок 8.3 – Изображение работ, имеющих общие начальное и конечное события:

а) неправильно; б) правильно

2) если какие-либо работы могут быть начаты до полного окончания предшествующей им работы, то эта работа может быть представлена как сумма последовательно выполняемых работ, результаты которых необходимы и достаточны для начала последующих за ними работ (рисунок 8.4);

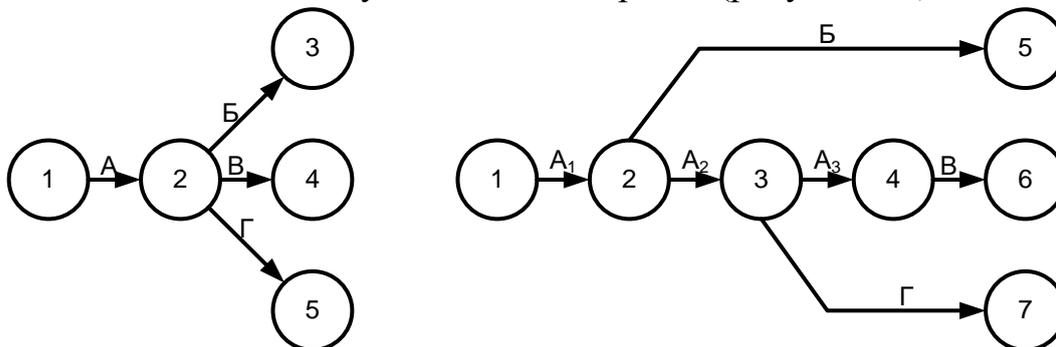


Рисунок 8.4 – Пример разделения сложной работы «А» на её составляющие

3) сетевые модели и графики должны отражать только существующие между работами зависимости (рисунок 8.5);

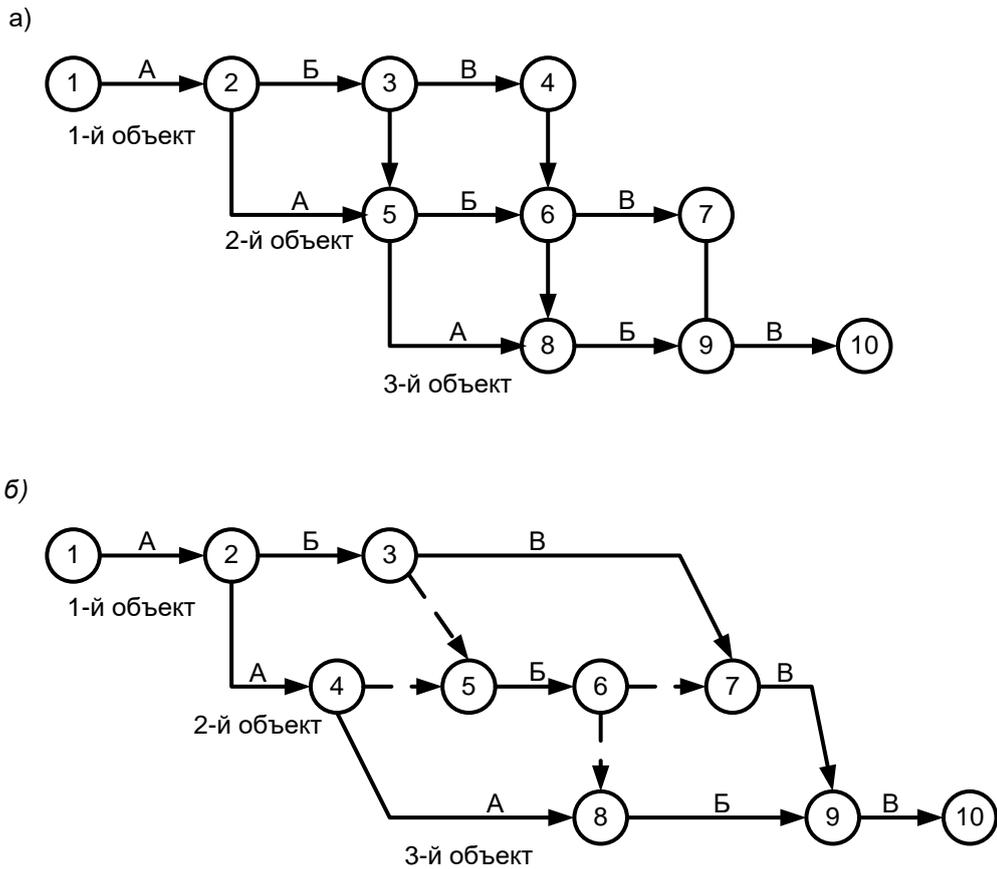


Рисунок 8.5 – Отражение зависимостей в сетевых моделях и графиках:
а) неправильно; б) правильно

4) сетевые модели и графики не допускают наличия «тупиков», т.е. событий, из которых не начинается ни одной работы (за исключением завершающего события) (рисунок 17);

5) в сетевых моделях и графиках не должно быть «хвостов», т.е. событий (за исключением исходного), которыми не заканчивается ни одна работа (рисунок 17);

6) сетевые модели и графики не должны иметь замкнутых контуров, т.е. путей, соединяющих некоторое событие с ним же самим (рисунок 8.6);

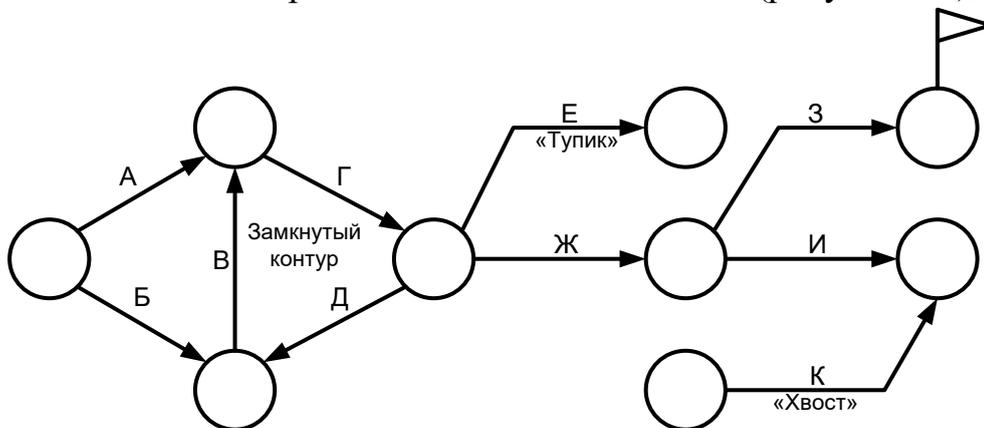


Рисунок 8.6 – Пример сетевой модели с нарушением правил её построения

7) сетевые модели и графики допускают укрупнение отдельных своих фрагментов, если эти фрагменты имеют четко фиксированные входное и выходное события и выполняются одним исполнителем (рисунок 8.7). Продолжительность нового участка сети будет в этом случае равна величине критического пути укрупняемого фрагмента;

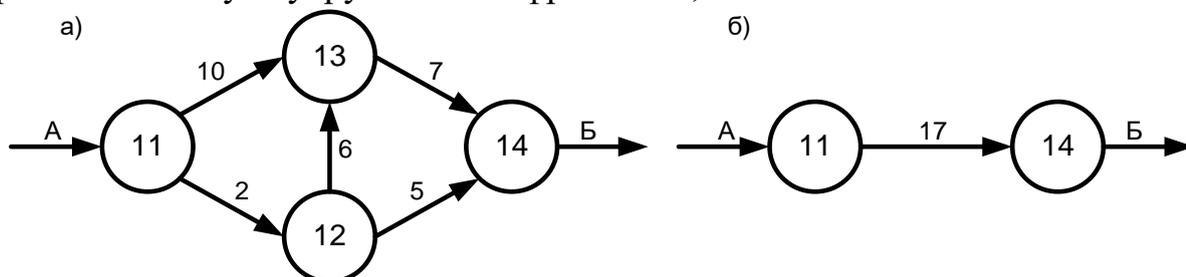


Рисунок 8.7 – Укрупнение фрагмента сетевого графика:
 а) исходный фрагмент; б) укрупненный фрагмент

8) в сетевых моделях и графиках не должно быть повторяющихся номеров событий. Нумерацию следует вести так, чтобы номер последующего (конечного для данной работы) события был численно больше номера предшествующего (начального для той же работы) события, т.е. «j» больше «i» (рисунок 8.8).



Рисунок 8.8 – Обозначение работ и событий на сетевых моделях и графиках

ЛЕКЦИЯ 9. РАСЧЕТ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

Расчет сетевого графика заключается в нахождении времени начала и окончания всех работ, продолжительности критического пути и работ, его составляющих, а также резервов времени всех не критических работ. Расчет сетевых графиков необходим еще и для установления перечня работ, лежащих в пределах критической зоны, выявления влияния изменений отдельных работ на общий срок строительства, для проверки, анализа графика в процессе строительства.

Сетевые графики характеризуются рядом расчетных параметров, классификация и обозначения которых приведены на рисунке 9.1.

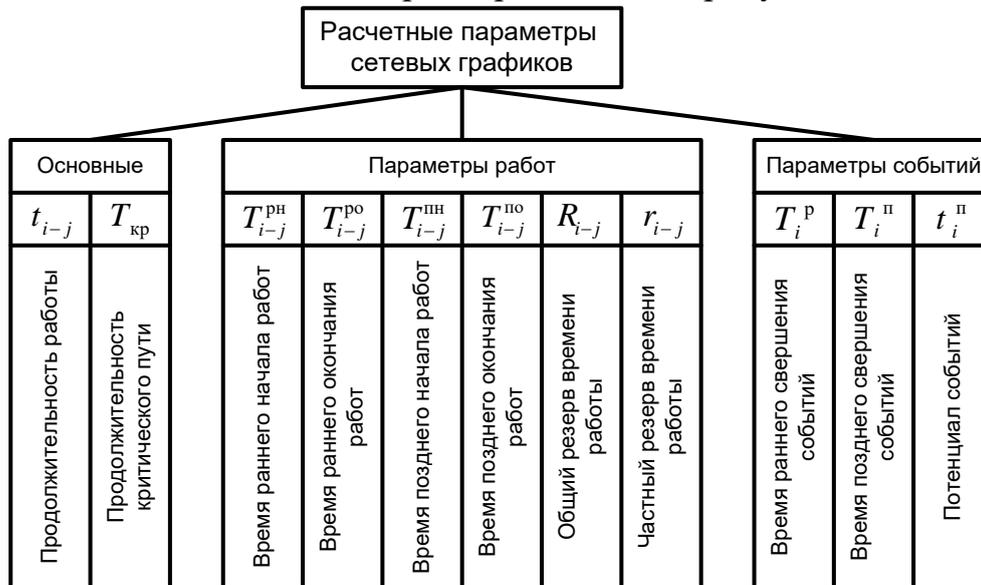


Рисунок 9.1 – Классификация и обозначение параметров сетевых графиков

Продолжительность любой работы определяется временем, необходимым для её выполнения. В детерминированных графиках продолжительность работ устанавливается жёстко. При механизированном их выполнении она определяется по формуле (9.1), а при выполнении работы вручную – по формуле (9.2).

$$t_{i-j}^{мех} = P_i / \Pi_{э.см} \cdot n_{см} \cdot \alpha, \tag{9.1}$$

$$t_{i-j}^{руч} = P_i H_{вр.и} / N_i n_{см} \cdot \alpha, \tag{9.2}$$

где P_i – объем i -го вида работ в физических единицах измерения;

$\Pi_{э.см}$ – эксплуатационная сменная производительность механизма;

$n_{см}$ – число смен работы в сутках;

$\alpha = 1-1,2$ – коэффициент перевыполнения норм;

$H_{вр.и}$ – норма затрат труда на выполнение единицы объема работ i -го

вида;

N_i – сменный состав бригады на i -том виде работ.

В вероятностных графиках продолжительность работ чаще всего определяется методом усреднения полученных экспертных оценок, суть которого состоит в нахождении математического ожидания продолжительности работ « $t_{i-j}^{ож}$ ». В роли экспертов выступают специалисты, имеющие опыт практической работы.

$$t_{i-j}^{ож} = (t_{i-j}^{он} + 4t_{i-j}^{нв} + t_{i-j}^{нec}) / 6, \quad (9.3)$$

где $t_{i-j}^{он}$ – оптимистическая (минимальная) оценка продолжительности работы, данная в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств;

$t_{i-j}^{нв}$ – наиболее вероятная (реалистическая) оценка продолжительности работы, данная в предположении наиболее часто встречающихся обстоятельств;

$t_{i-j}^{нec}$ – пессимистическая (максимальная) оценка продолжительности работы, данная в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств.

Если не удастся получить от экспертов реалистическую оценку, то можно использовать только две оценки:

$$t_{i-j}^{ож} = (3t_{i-j}^{он} + 2t_{i-j}^{нec}) / 5. \quad (9.4)$$

После усреднения вероятностная сеть рассматривается как детерминированная, в которой использованы временные оценки работ, найденные по формулам (9.3) или (9.4).

Продолжительность критического пути определяется как наибольшая сумма продолжительностей работ, составляющих полные пути графика, или по формуле (9.5).

$$T_{кр} = \max T_{i-z}^{po}, \quad (9.5)$$

где z – номер завершающего события;

T_{i-z}^{po} – раннее окончание работы, заканчивающейся последним событием.

Ранним началом работы является самый ранний из возможных сроков её начала, обусловленный окончанием непосредственно предшествующих ей работ:

$$T_{i-j}^{pn} = \max T_{h-i}^{po} = \max(T_{h-i}^{pn} + t_{h-i}) = T_i^p, \quad (9.6)$$

где $\max T_{h-i}^{po}$ – максимальное значение времени раннего окончания работ, предшествующих данной.

Время раннего начала работы соответствует времени раннего свершения i -го события, т.е. начального для данной работы события T_i^p , т.к. любое событие может считаться свершившимся лишь после окончания всех предшествующих ему работ.

Ранним окончанием работы T_{i-j}^{po} является самый ранний из возможных сроков её окончания при условии начала данной работы тоже в самый ранний срок:

$$T_{i-j}^{po} = T_{i-j}^{pn} + t_{i-j}. \quad (9.7)$$

Расчет ранних параметров работ производят последовательно ходом от исходного события графика к завершающему. Для работ, начинающихся с исходного события графика, время раннего начала принимается равным нулю. Поскольку время раннего начала любой работы представляет собой величину наибольшего по продолжительности пути от исходного до i -го события графика, то, дойдя до завершающего z -го события, можно установить продолжительность критического пути $T_{кр}$ по формуле (9.6) уже при расчете ранних параметров.

Поздним началом работы T_{i-j}^{nn} является самый поздний срок её начала, не вызывающий увеличения продолжительности критического пути:

$$T_{i-j}^{nn} = T_{i-j}^{no} - t_{i-j}. \quad (9.8)$$

Поздним окончанием работы T_{i-j}^{no} является самый поздний допустимый срок её окончания, не вызывающий увеличения продолжительности критического пути:

$$T_{i-j}^{no} = \min T_{j-k}^{nn} = \min(T_{j-k}^{no} - t_{j-k}) = T_j^n, \quad (9.9)$$

где $\min T_{j-k}^{nn}$ - минимальное значение из поздних начал работ, непосредственно последующих за данной работой.

Расчет поздних параметров работ производят последовательно ходом от завершающего события графика к исходному. Для завершающего z -го события характерно следующее условие:

$$T_{кр} = \max T_{i-z}^{po} = \max T_{i-z}^{no} = T_z^p = T_z^n. \quad (9.10)$$

Общим резервом времени работы $R_{i,j}$ называют максимальный промежуток времени, на который можно отдалить окончание данной работы за счет увеличения её продолжительности или задержки начала, не изменяя продолжительности критического пути:

$$R_{i-j} = T_{i-j}^{no} - T_{i-j}^{po} = T_{i-j}^{nn} - T_{i-j}^{hy}. \quad (9.11)$$

Общий резерв времени имеют все не критические работы сетевого графика.

Частным резервом времени работы называют максимальный промежуток времени, на который можно отдалить окончание данной работы за счет увеличения её продолжительности или задержки начала, не изменяя при этом

раннего начала последующих работ:

$$r_{i-j} = T_{j-k}^{pn} - T_{i-j}^{po} = T_{j-k}^{pn} - (T_{i-j}^{pn} + t_{i-j}), \quad (9.12)$$

где T_{j-k}^{pn} - время раннего начала последующих работ по отношению к данной работе.

Частный резерв времени имеет место, когда одним событием заканчивается не менее двух работ. Величина частного резерва времени не может быть больше величины общего резерва времени для той же работы:

$$r_{i-j} \leq R_{i-j}. \quad (9.13)$$

Потенциалом i -го события t_i^n называют путь максимальной продолжительности от i -го события до завершающего z -го события. Расчет потенциалов событий ведут ходом от завершающего события к исходному. Потенциал завершающего события равен нулю, а потенциал исходного – продолжительности критического пути. Потенциал любого промежуточного события определяют по формуле (30):

$$t_i^n = \max(t_j^n + t_{i-j}), \quad (9.14)$$

где t_j^n - потенциал последующего по отношению к i -му события.

9.1 Расчет сетевых графиков и построение их в масштабе времени

В отечественной практике применения системы сетевого планирования и управления строительством используются как ручные способы расчета временных параметров сетевых графиков, так и машинный. Изучение способов ручного расчета позволяет студентам детально узнать, освоить и запомнить алгоритм и применять его для решения конкретных задач сетевого планирования. Вручную рассчитывают сетевые графики с числом работ до 300-500 (в зависимости от плотности сети). При большей размерности сетевых графиков используют машинный способ расчета (на ЭВМ).

Расчет временных параметров сетевых графиков можно выполнить табличным или секторным способами, а также методом «дробь» или методом потенциалов.

Табличный способ является самым полным и может применяться как для ручного, так и для машинного расчета. Для его использования необходимы:

1) систематизация нумерации событий (т.е. в графике не должно быть пропущенных или повторяющихся номеров событий, и для любой работы номер конечного события всегда должен быть больше номера начального события);

2) систематизация записи работ. Коды всех работ (включая и зависимости) записывают последовательно в порядке возрастания номера начального события (т.е. записывают сначала коды всех работ, начинающихся

первым событием, затем коды всех работ, начинающихся вторым событием и т.д.);

3) использование специальной формы таблицы.

Исходными данными для расчета временных параметров сетевого графика считаются: номера строк таблицы (или порядковые номера работ и их количество); коды работ; продолжительность каждой работы; обратный адрес, указывающий место записи в таблице работ, предшествующих данной и их количество. Исходные данные записывают в первые четыре колонки расчетной таблицы. После записи исходных данных расчет временных параметров сетевого графика можно вести только по таблице, не заглядывая в график и используя формулы указанные в разделе 9.1 данного учебного пособия.

Непосредственный расчет параметров работ сетевого графика производят в три этапа:

- расчет ранних параметров «прямым ходом» (т.е. от исходного события графика к завершающему или сверху вниз по таблице). В результате «прямого хода» определяют время раннего начала и раннего окончания каждой работы и продолжительность критического пути;

- расчет поздних параметров «обратным ходом» (т.е. от завершающего события графика к исходному или снизу вверх по таблице). В результате «обратного хода» определяют время позднего начала и позднего окончания каждой работы и выполняют проверку «прямого хода» (т.е. позднее начало хотя бы одной из работ, начинающихся исходным событием должно получиться равным нулю);

- расчет резервов времени работ. Этот расчет может выполняться с любой строки и в любом направлении.

Для большей наглядности рассмотрим конкретный пример расчета сетевой модели.

Таблица 9.1 – Табличный расчет сетевого графика

Номера строк	Обратный адрес	Код работ	Продолжительность работ	Временные параметры работ						Критические работы
				ранние		поздние		резервы		
				начало	окончание	окончание	начало	общий	частный	
1	-	1-2	6	0	6	6	0	0	0	к
2	-	1-3	4	0	4	8	4	4	2	-
3	-	1-4	5	0	5	18	13	13	8	-
4	1	2-3	0	6	6	8	8	2	0	-
5	1	2-5	10	6	16	16	6	0	0	к
6	1	2-6	11	6	17	27	16	10	0	-
7	2, 4	3-4	7	6	13	18	11	5	0	-
8	2, 4	3-5	8	6	14	16	8	2	2	-
9	3, 7	4-7	12	13	25	30	18	5	5	-
10	5, 8	5-6	0	16	16	27	27	11	1	-
11	5, 8	5-7	14	16	30	30	16	0	0	к
12	6, 10	6-7	3	17		30	27	10	10	-
13	9,11,12	7...		30						

В процессе заполнения расчетной таблицы можно проверить правильность расчета следующим образом:

- ранние параметры каждой работы должны быть меньше или равны соответствующим поздним;
- позднее начало хотя бы одной из работ, начинающихся исходным событием должно получиться равным нулю;
- критический путь должен представлять собой непрерывную последовательность работ и зависимостей от исходного события до завершающего;
- величина частного резерва времени каждой работы должна быть меньше или равна величине общего резерва времени той же работы.

Работы критического пути резервов времени не имеют, для них и частный, и общий резервы равны нулю (отсюда и название – критический путь), что позволяет легко выявить их по таблице и выделить на сети.

Секторный способ предусматривает возможность расчета временных параметров сетевого графика непосредственно на сети. Для его использования каждое событие графика вычерчивается крупнее и делится двумя взаимно перпендикулярными диаметрами на четыре одинаковых сектора. Параметры, записываемые в секторах, показаны на рисунке 21

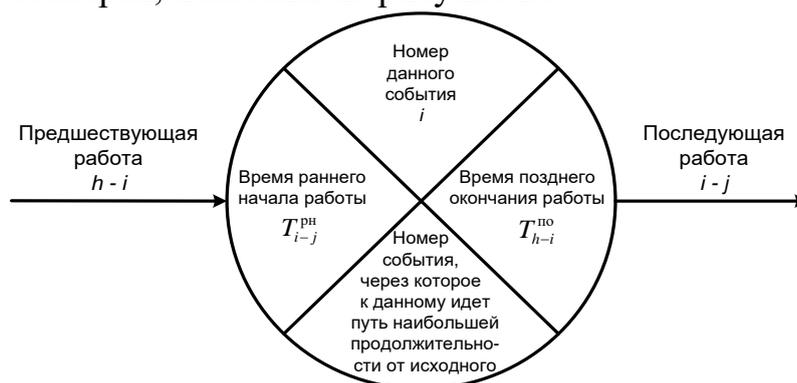


Рисунок 9.2 – Изображение событий при расчете сети секторным способом

Сам расчет производят в следующей последовательности:

- производят нумерацию событий, заполняя верхний сектор всех событий ходом от исходного события к завершающему;
- определяют ранние начала всех работ по формуле, заполняя левый сектор всех событий ходом от исходного события к завершающему. Одновременно с этим, идя в том же направлении, заполняют нижний сектор всех событий;
- определяют поздние окончания всех работ по формуле, заполняя правый сектор всех событий ходом от завершающего события к исходному;
- определяют резервы времени всех работ по формулам, записывая их в отдельной таблице или непосредственно на графике рядом с соответствующей работой.

Пример расчета временных параметров сетевого графика секторным способом приведен на рисунке 9.3.

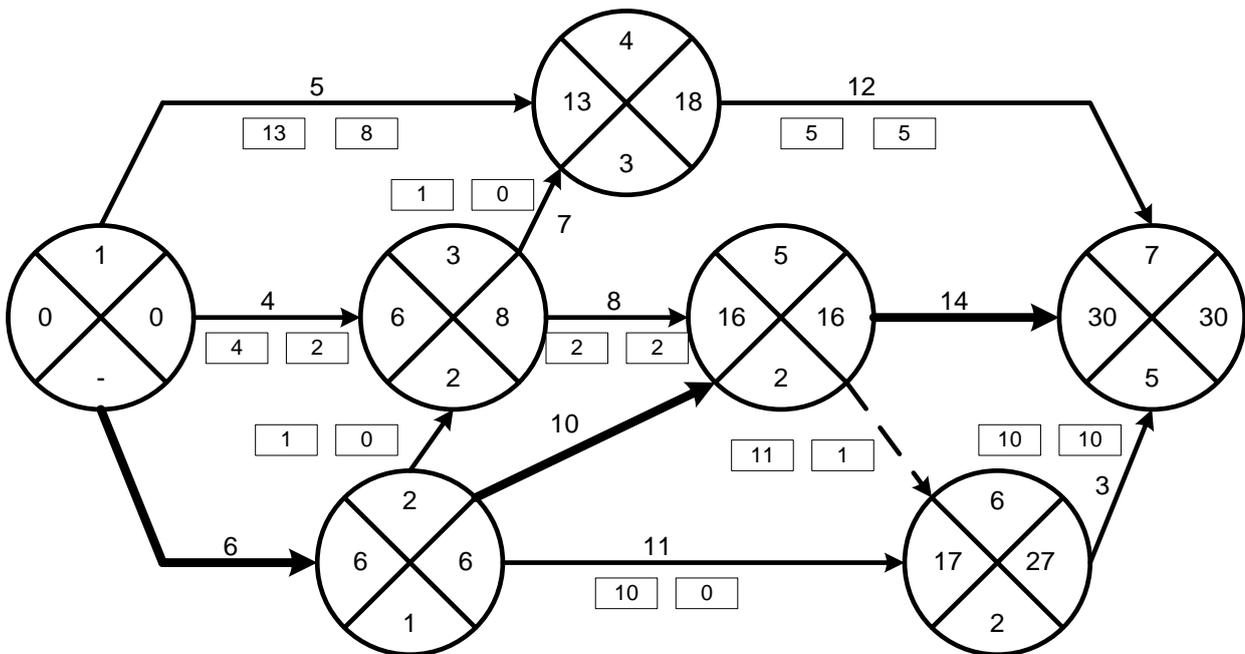


Рисунок 9.3 – Пример расчета сетевого графика секторным способом

Работы критического пути при расчете сети секторным способом могут быть определены по событиям, в которых значения параметров левого и правого секторов равны между собой.

Метод «дроби» представляет собой ускоренный (и сокращенный) способ расчета временных параметров сетевого графика прямо на сети. Он является наименее трудоемким из всех существующих способов расчета сетевых графиков. При этом методе расчета в числителе дроби, проставляемой рядом с каждым событием, определяют по формуле и записывают время раннего начала работ, начинающихся с данного события, а в знаменателе – время позднего окончания работ, заканчивающихся данным событием, найденное по формуле. Параметры, записываемые в числителе и знаменателе дроби, показаны на рисунке 9.4, а пример расчета сетевого графика методом «дроби» приведен на рисунке 9.5.

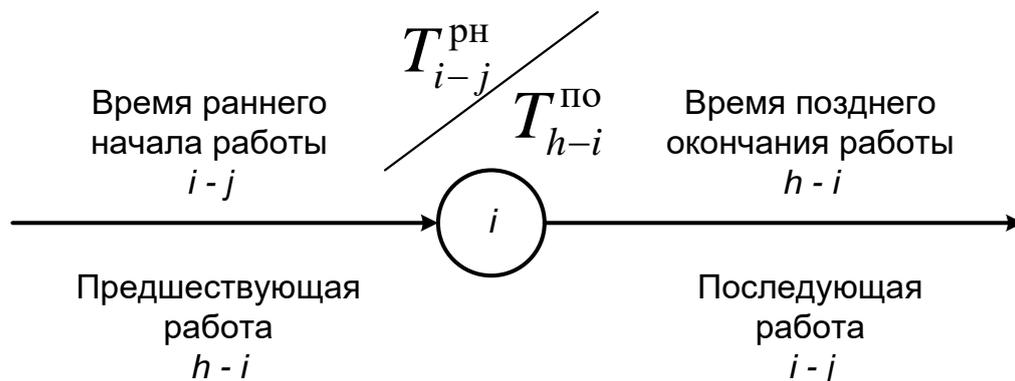


Рисунок 9.4 – Параметры, записываемые при расчете сети методом «дроби»

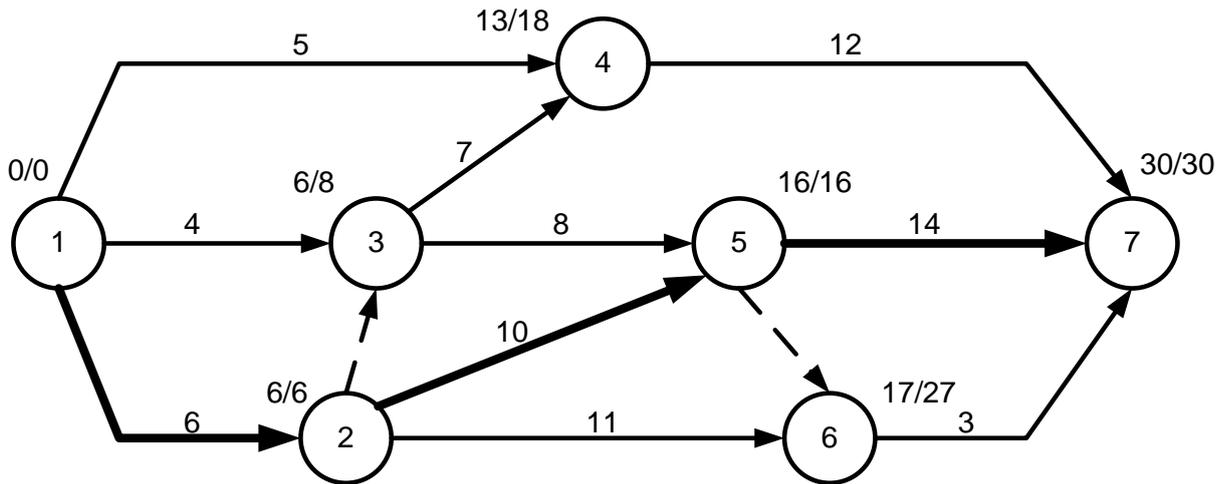


Рисунок 9.5 – Пример расчета сетевого графика методом «дробей»

Работы критического пути, выделенные на рисунке 4.13 жирными стрелками, определяют по событиям, у которых значения параметров в числителе и знаменателе дроби равны между собой.

Метод потенциалов предусматривает возможность оценки времени, оставшегося после свершения каждого события, до завершения всех работ. Для использования этого метода рядом с каждым событием (или внутри события) вычерчивают X-образный знак, в который записывают расчетные параметры (рисунок 9.6).

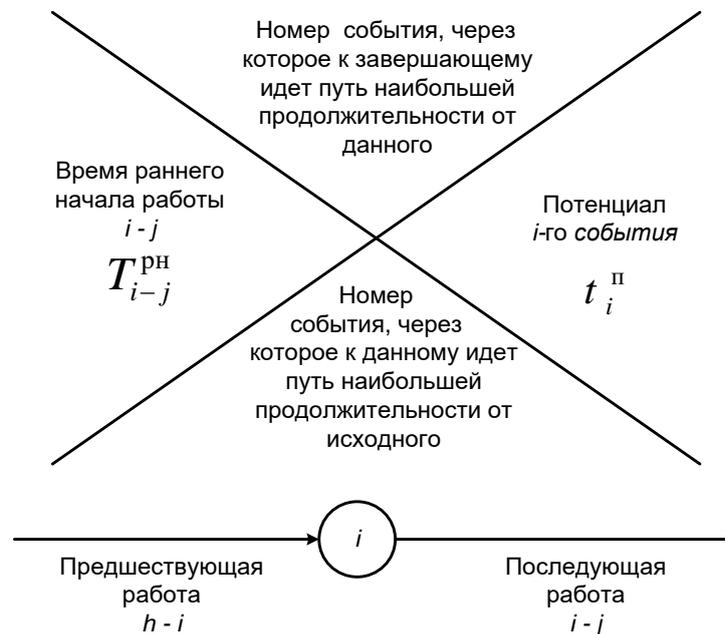


Рисунок 9.6 – Обозначение параметров при расчете сети методом потенциалов

Непосредственный расчет выполняют в два этапа:

- на первом этапе расчета заполняют левый и нижний секторы ходом от исходного события к завершающему, используя формулу;
- на втором этапе расчета заполняют правый и верхний секторы, идя «обратным» ходом и используя формулу.

Пример сетевого графика, рассчитанного методом потенциалов, приведен

на рисунке 9.7.

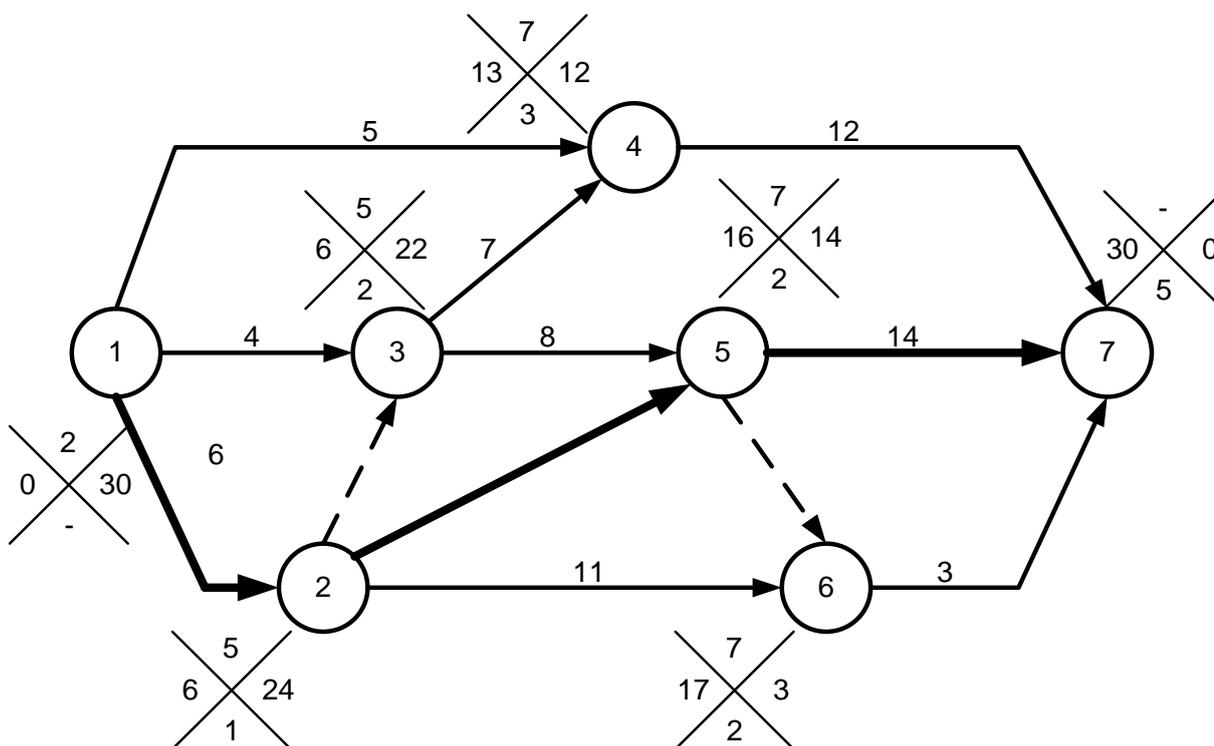


Рисунок 9.7 – Пример расчета сети методом потенциалов

Работы критического пути определяют по событиям, у которых сумма параметров, записанных в левом и правом секторах, равна величине критического пути.

При расчете сетевого графика непосредственно на сети требуется меньше времени, чем при расчете табличным способом, уменьшается вероятность механических ошибок. Но так как расчет делается на сети, то сетевой график в этом случае становится перегруженным записью большого количества данных и трудно читается. Поэтому расчеты непосредственно на графике рекомендуется производить на первой стадии составления графика, а также в процессе выполнения предварительных расчетов в ходе строительства.

Расчитанный сетевой график, построенный без учета временного масштаба, затрудняет установление комплекса работ, выполняемых в определенный период времени, установление их опережения или отставания, осложняет перераспределение ресурсов и определение потребного их количества в определенное время. Эти недостатки легко ликвидируются в случае построения графика в масштабе времени.

ЛЕКЦИЯ 10. ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

Под **корректировкой сетевых графиков** понимают их последовательное улучшение с целью достижения заданного срока строительства или рационального распределения (использования) различных видов ресурсов с учетом имеющихся ограничений.

Оптимизация сетевого графика представляет собой его улучшение (чаще всего с применением экономико-математических методов) с целью достижения желаемого результата наилучшим (оптимальным) образом в соответствии с определенным критерием и имеющимися ограничениями. Например, построить объект за минимально возможный срок, обеспечить его возведение в заданный срок при минимальном расходе ресурсов или добиться конечного результата с максимальным экономическим эффектом.

В практике строительства сетевые графики сначала корректируют по критерию времени, а затем приступают к их корректировке по критерию наилучшего распределения ресурсов (начиная с финансовых или трудовых ресурсов).

Корректировка сетевого графика по времени преследует цель сократить критический и подкритические пути и обеспечить возведение объекта (или объектов) в заданные или определенные нормами (СНиП 1.04.03–85) сроки строительства. Она может быть выполнена следующими способами:

1) перераспределением трудовых ресурсов (т.е. переводом звеньев или бригад рабочих) с работ, имеющих резервы времени, на одноименные критические работы;

2) совмещением технологических процессов во времени за счет разукрупнения объектов на захваты и одновременного выполнения на разных захватках разнородных процессов;

4) выполнением ряда работ параллельно за счет привлечения дополнительных ресурсов (трудовых, технических, материальных);

5) изменением проектных решений, т.е. за счет мероприятий, увеличивающих уровень индустриализации и приводящих к сокращению сроков строительства;

6) изменением топологии сетевого графика, т.е. полной его переработкой.

При корректировке сетевого графика по времени надо проверять продолжительность подкритических путей, так как изменение временных оценок работ ограничено резервами времени некритических работ. Перед корректировкой по любому критерию сетевой график должен быть рассчитан и построен в масштабе времени для более наглядного изображения хода выполнения работ. После корректировки сеть рассчитывается вновь, чтобы убедиться в достаточности проведенных мероприятий. Пример корректировки сетевого графика по времени показан на рисунке 10.1.

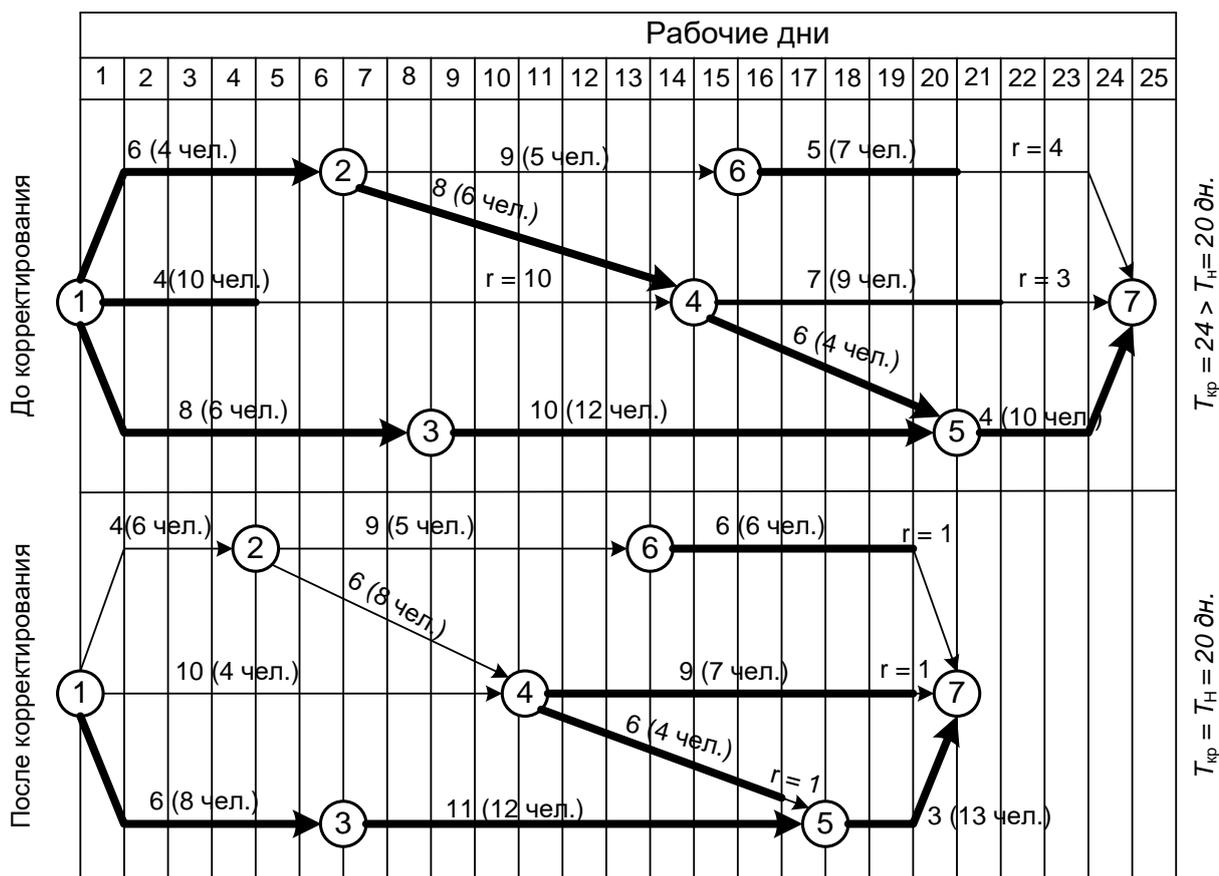


Рисунок 10.1 – Корректировка сетевого графика по времени

Корректировка сетевого графика по ресурсам представляет собой задачу весьма сложную из-за большой номенклатуры используемых в строительстве ресурсов. В реальном календарном планировании и проектировании организационно-технологических решений ограничиваются корректировкой сетевых графиков по определенным основным видам ресурсов, а очередность её зависит от конкретной ситуации.

Корректировка сетевых графиков по финансовым ресурсам имеет целью более рациональное, упорядоченное распределение капитальных вложений (с учетом запланированных объемов работ, возможностями заказчиков или инвесторов) и наиболее эффективное их использование, приводящее к уменьшению степени их «омертвления» и ускорению строительства.

Корректировка сетевых графиков по трудовым ресурсам имеет целью равномерное распределение рабочей силы, минимизацию количества рабочих или сохранение постоянного состава исполнителей при обеспечении непрерывности их работы.

Корректировка сетевых графиков по материальным ресурсам ставит целью устранить несоответствие между потребностями строительства в определенных видах ресурсов, предусмотренными сетевым графиком, и возможностями поставщиков. Кроме того, такая корректировка решает задачу наиболее рационального использования того или иного вида ресурсов в условиях наличия ограничений по нему.

Корректировка сетевых графиков по техническим ресурсам должна обеспечить рациональное равномерное и эффективное использование строящей фирме своих и арендованных строительных машин и механизмов.

В современной практике осуществление строительства и обеспечение ввода объекта в эксплуатацию в установленный срок во многом лимитируется наличием финансовых ресурсов, поэтому после корректировки по срокам сетевой график корректируют именно по финансовым ресурсам, а затем уж по другим. Пример корректировки сетевого графика по трудовым ресурсам приведен на рисунке 10.2, а по финансовым ресурсам - на рисунке 10.3.

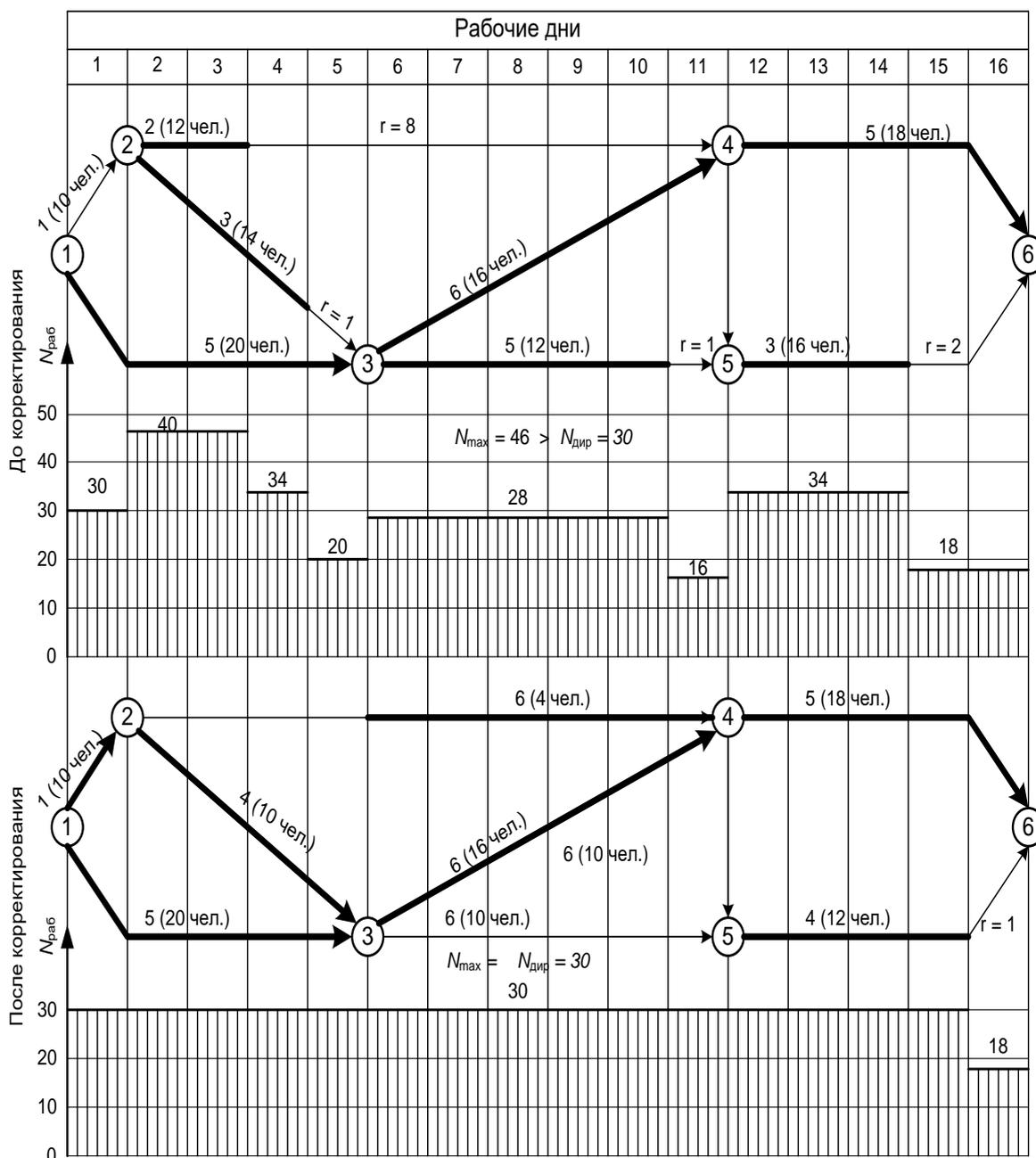


Рисунок 10.2 – Пример корректировки сетевого графика по трудовым ресурсам

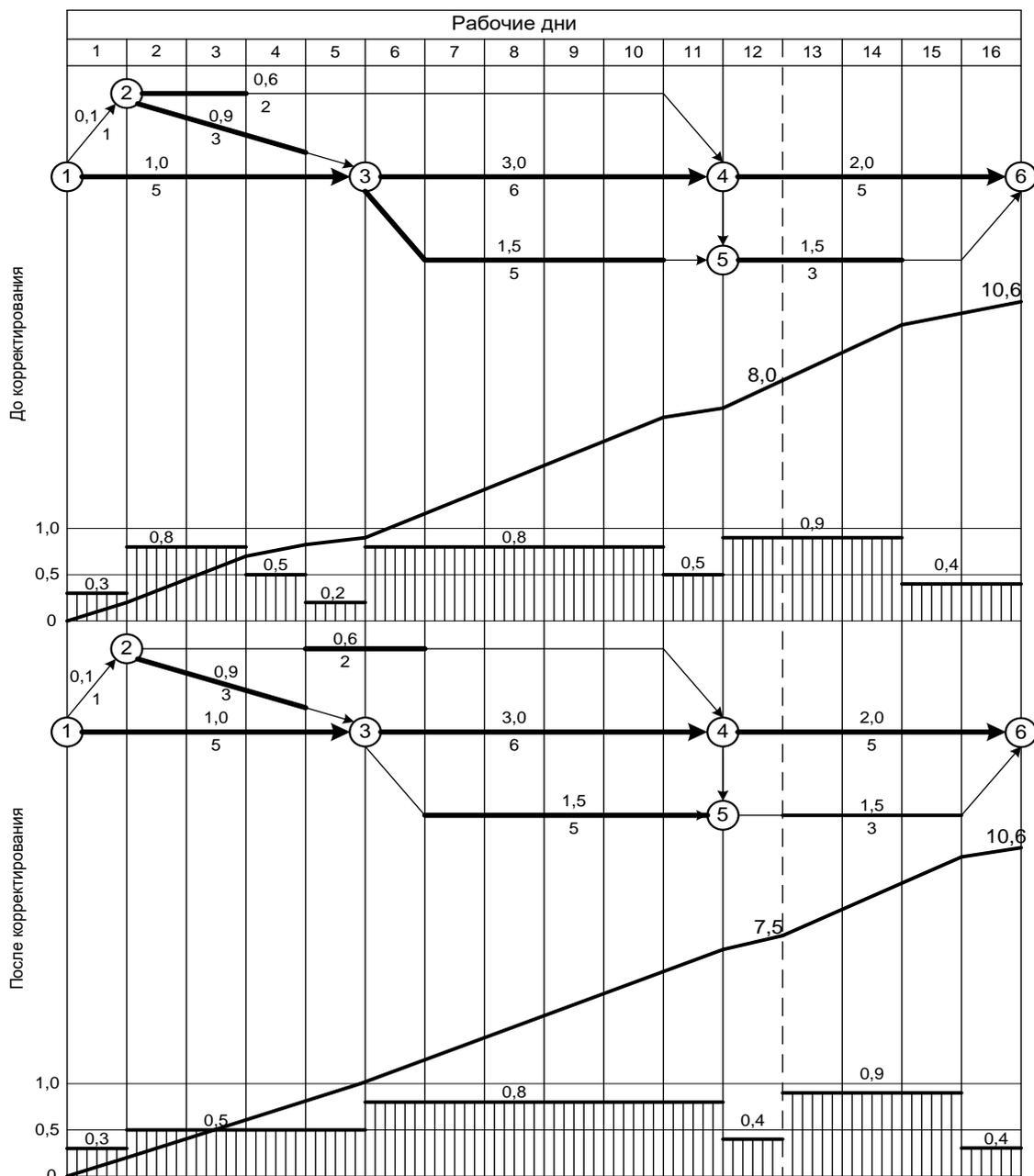


Рисунок 10.3 – Пример корректировки сетевого графика по финансовым ресурсам

При корректировке сетевого графика по ресурсам выполняют построение диаграммы использования соответствующего ресурса до корректировки (дающей представление о необходимости самой корректировки) и после неё (показывающей достаточность предпринятых мероприятий). Сама корректировка в первом приближении может быть выполнена одним из следующих способов:

1. перенесением выполнения работ на более поздний (или ранний) срок в пределах имеющихся резервов времени;
2. увеличением продолжительности работ в пределах тех же резервов времени с одновременным уменьшением интенсивности расходования соответствующего ресурса;
3. одновременным использованием первых двух способов и др.

10.1 Построение сетевого графика в масштабе времени

Построение сетевого графика в масштабе времени производят по ранним началам или по поздним окончаниям работ. Если график строят **по ранним началам работ**, то его события наносят по найденным срокам раннего начала работ. Проекция любой стрелки-работы на временную ось в этом случае равна сумме продолжительности работы и её частного резерва времени. Если график строят **по поздним окончаниям работ**, то проекция стрелки-работы на временную ось равна сумме продолжительности работы и части её общего резерва времени, оставшейся после использования общих резервов времени на всех предшествующих работах.

Построение сетевого графика в масштабе времени рекомендуется начинать с нанесения критического пути, продолжительность которого определяет общий срок строительства, затем наносят все остальные работы. Рядом с каждой работой, имеющей частный резерв времени, указывается его величина. Примеры сетевого графика, построенного в масштабе времени, показаны на рисунке 10.4.

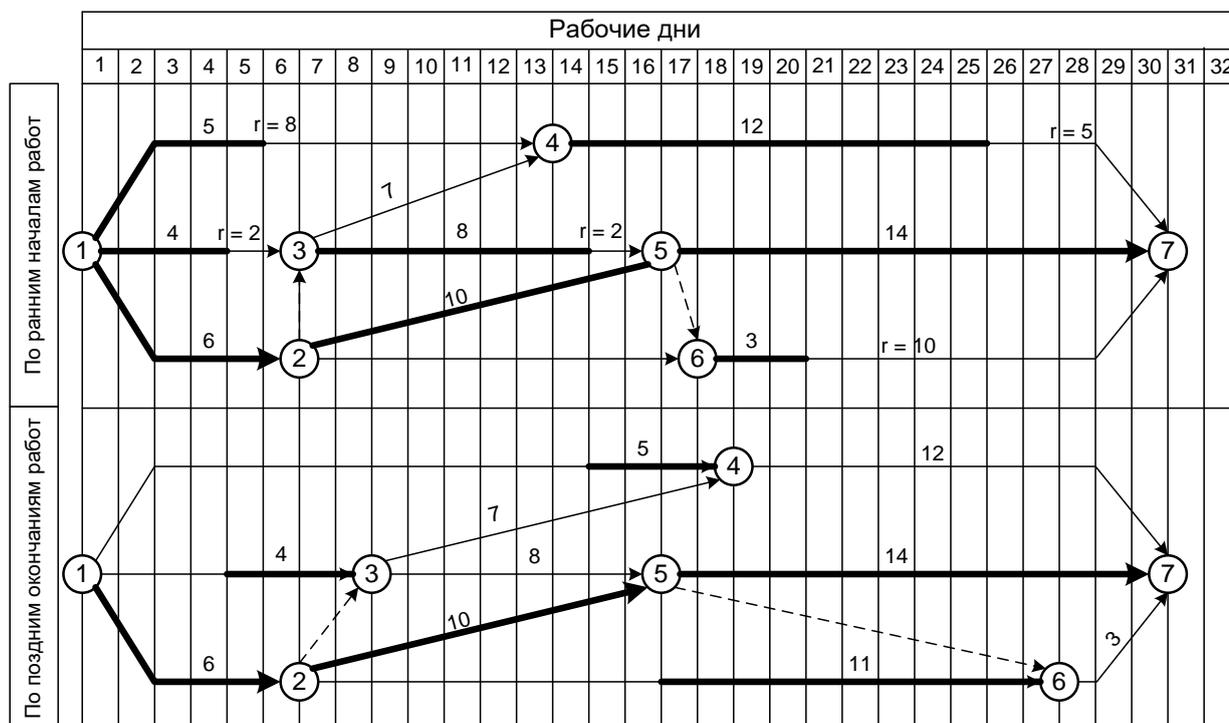


Рисунок 10.4 – Построение сетевого графика в масштабе времени

Если рядом с каждой работой проставить данные о потреблении различных видов ресурсов, то с помощью масштабного сетевого графика можно легко построить диаграммы расходования того или иного вида ресурсов (трудовых, материальных, финансовых) и сопоставить этот расход с фактическим наличием ресурсов.

Список литературы

1. Ваганов, Л.А. Основы проектирования разработки месторождений нефти : учебное пособие / Л.А. Ваганов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2016. – 80 с. – ISBN 978-5-9961-1226-5. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная сисЛекция «Лань» : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/88574>. – Режим доступа.
2. Проектирование и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений Западной Сибири : научное издание. Кн. 2. Разработка месторождений / Ю. Е. Батурич ; ТИУ. - Тюмень : ТИУ, 2016. - 205 с. : табл., рис. - Электронная библиотека ТИУ. - Библиогр.: с. 176. - ISBN 978-5-9961-1262-3. - Текст : непосредственный. http://webirbis.tsogu.ru/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe?S21COLORTERMS=0&LNG=&Z21ID=GUEST&I21DBN=READB_FULLTEXT&P21DBN=READB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=briefHTML_ft&S21CNR=5&C21COM=S&S21ALL=%3C.%3EИ=УДК%20622%2E276%2FB%20287-590834%3C.%3E&USES21ALL=1
3. Как добывают нефть : учебное пособие / С. В. Колесник, Е. С. Шаньгин, О. В. Беляев ; ТИУ. - Тюмень : ТИУ, 2022. - 138 с. : ил. - Электронная библиотека ТИУ. - Библиогр.: с. 135. - ISBN 978-5-9961-2868-6 : ~Б. ц. - Текст : непосредственный.: Режим доступа: http://webirbis.tsogu.ru/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe?S21COLORTERMS=0&LNG=&Z21ID=GUEST&I21DBN=READB_FULLTEXT&P21DBN=READB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=briefHTML_ft&S21CNR=5&C21COM=S&S21ALL=%3C.%3EИ=УДК%20622%2E276%28075%2E8%2FK%20603-785798038%3C.%3E&USES21ALL=1
4. Еремеев С.В. Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Еремеев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 136 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/110916>