

Федеральное агентство по образованию

Кубанский государственный технологический университет

Кафедра технологии, организации, экономики строительства
и управления недвижимостью

**КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ.
СЕТЕВЫЕ ГРАФИКИ И ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ**

Методические указания
к проведению занятий по дисциплине
для студентов всех форм обучения специальности
270104 Гидротехническое строительство

Краснодар
2009

УДК 69.003:658.012 (075)

ББК 65.9(2) 31

К

Король С.П., Пархоменко В.А. Календарное планирование. Сетевые графики и оптимизационные задачи: Учебное пособие / Кубан. гос. технол. ун-т - Краснодар: Изд. КубГТУ, 2009. - с.

Изложены теоретические и практические аспекты календарного планирования строительного производства, основанные на рекомендациях нормативной документации, учебной и справочной литературе, а также методических примерах, разработанных ЦНИИОТМП.

Предназначено для студентов строительных специальностей вузов в курсовом и дипломном проектировании, инженерно-техническим работникам строительных организаций, работникам проектных организаций и в системе повышения квалификации при разработке календарных планов организационных проектов: проектов организации строительства (ПОС), производства работ (ППР) или проектов организации работ (ПОР). Полученная в ходе организационного проектирования информация о сроках строительства и выполнения отдельных видов работ используется для определения объемов необходимых ресурсов и оптимального распределения их во времени.

Содержит необходимые сведения по выполнению практических занятий, включая основные элементы сетевых графиков, временные параметры, алгоритм расчета, правила построения сетевых моделей, кодирование событий и работ. Основные методы расчета сетевых графиков в табличной форме и на графике, построение сетевого графика в масштабе времени, в виде линейной диаграммы, графиков движения рабочих и распределения денежных средств и их оптимизация являются современными базовыми методами организационного проектирования, применяются при распределении ресурсов и позволяют получать сравнимые результаты. Приведены варианты индивидуальных заданий, порядок выполнения практических работ и примеры выполнения заданий.

Ил.1. Табл. 21. Библиогр.: 24 назв.

Р е ц е н з е н т ы: доктор экономических наук, проф. Б.З. Тутаришев,
кандидат экономических наук, доц. В.М. Яковлев

ISBN 978-5-8333-0319-1

© Король С.П., 2009

© Пархоменко В.А., 2009

© Кубанский государствен-
ный технологический
университет, 2009

Содержание

Введение ..	4
Раздел I Сетевое моделирование. Оптимизационные задачи	5
1 Основные элементы и параметры сетевых графиков	
1.1 Элементы сетевых графиков	5
1.2 Временные параметры сетевых графиков и их условные обозначения	7
1.3 Алгоритм расчета сетевых графиков	7
2 Основные правила построения сетевых графиков	9
2.1 Правила построения сетевых графиков	9
2.2 Кодирование событий	14
3 Методы расчета сетевых графиков вручную	15
3.1 Расчет сетевого графика в табличной форме	15
3.2 Расчёт сетевого графика на графике	18
4 Сетевые графики в масштабе времени	20
4.1 Построение сетевого графика в масштабе времени	21
4.2 Построение сетевого графика в масштабе времени в виде линейной диаграммы	21
4.3 Построение графика движения рабочих	23
4.4 Оптимизация графика движения рабочих	24
Содержание отчета	29
Оформление отчета	30
Список литературы	32
Приложение А - И	33 - 50

ВВЕДЕНИЕ

Сетевое планирование - метод организационного проектирования поточного производства конструктивных частей зданий и сооружений и отдельных видов работ, моделирования ритмичного и экономически эффективного ведения работ на объектах строительства и организации комплексной застройки различного назначения (градостроительной, производственной, сельскохозяйственной, здравоохранения и др.). Метод сетевого моделирования позволяет анализировать отклонения сроков выполнения отдельных работ и принимать решения с целью обеспечения в целом запланированной продолжительности строительства.

До появления метода сетевого моделирования при разработке календарных планов применялись простые графические модели в виде графиков Ганта – календарные линейные графики, на которых в масштабах времени показывается последовательность и сроки выполнения работ. Реже применялись циклограммы, отражающие ход работ в виде наклонных линий в системе координат и представляющие собой по существу более информативную разновидность линейного графика. Только изучаемая сетевая модель позволяет формализовать расчеты и применять компьютерные программы для целей эффективного управления процессами строительного производства.

В составе организационных проектов разрабатываются календарные планы, оптимальные по продолжительности строительства и обеспечивающие непрерывную загрузку бригад (звеньев). При этом необходимо стремиться, чтобы простои подготовленных фронтов работ для последующих технологических процессов также были минимальными.

Разработка календарных планов строительства объектов (комплексов) оптимальных по продолжительности производства работ, использованию трудовых, материально-технических, энергетических, финансовых и других видов ресурсов достигается решением поставленных задач аналитическими и графическими методами.

Информация о свойствах и поведении реальных строительных систем в определенных условиях является основой организационно-технологического проектирования. При решении многих проблем управления строительным производством применяются экономико-математические методы (ЭММ) и вычислительная техника (ВТ) в основных сферах и звеньях управления строительством.

Основные задачи практических занятий - приобретение навыков разработки простейших детерминированных временных сетевых моделей различными методами; ознакомление с корректировкой (оптимизацией) сетевых графиков по ресурсам и срокам строительства; подготовка к разработке соответствующих разделов в курсовом и дипломном проектах.

Раздел I Сетевое моделирование. Оптимизационные задачи

1 Основные элементы и параметры сетевых графиков

Сетевой график представляет собой сетевую модель (сеть), отражающую графически взаимосвязь между процессами, выполнение которых необходимо для достижения одной или нескольких поставленных целей, и рассчитанными временными параметрами.

Существует несколько методов расчета сетевых моделей:

- табличный;
- секторный или расчет графика на графике;
- метод потенциалов.

1.1 Элементы сетевых графиков

В основе построения сети лежат логические элементы: работа и событие, образующие возможные пути достижения поставленной цели.

Работа - это производственный процесс, требующий затрат времени, трудовых и материально-технических ресурсов и приводящий к достижению цели, например кирпичная кладка, монтаж плит перекрытий. На сетевом графике работа изображается одной сплошной стрелкой, длина которой не связана с продолжительностью работы (если график составлен не в масштабе времени). Стрелка проводится в виде прямой линии, ломаной или криволинейной - "дуга". Над и под стрелкой можно приводить характеристики работы (рис.1.1).

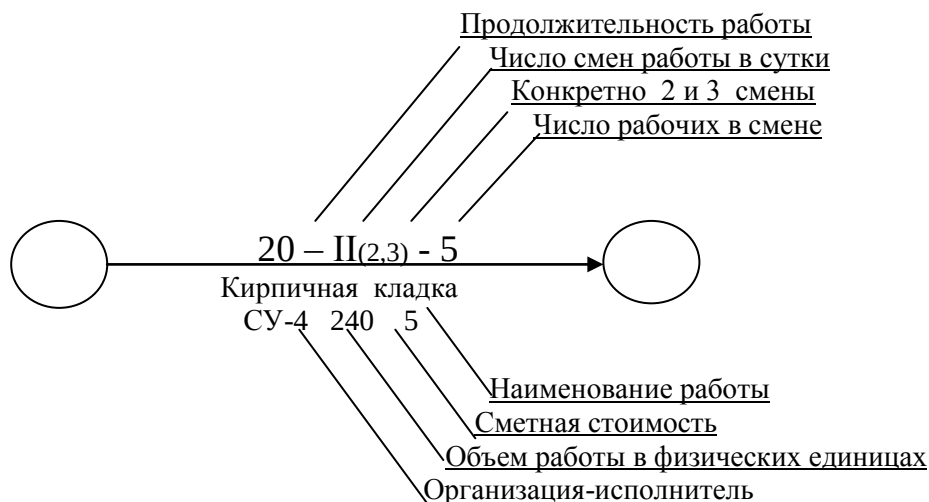


Рисунок 1.1 - Характеристики действительной работы

Понятие работы используется в широком смысле слова и включает в себя, кроме охарактеризованной действительной работы, следующие значения: ожидание и фиктивная работа (связь) или зависимость.

Ожидание - процесс, выполнение которого требует затрат времени, но не требует затрат ресурсов. К этим процессам относят технологические или организационные перерывы между работами, например процесс твердения бетона. Обозначается сплошной линией с указанием содержания ожидания и его продолжительности (рис.1.2).



Рисунок 1.2 - Характеристика ожидания

Фиктивная работа (связь) или зависимость - работа, не требующая затрат ни времени, ни ресурсов и вводится для отражения правильной взаимосвязи между работами. В сетевом графике зависимость обозначается пунктирной линией (рис.1.3).

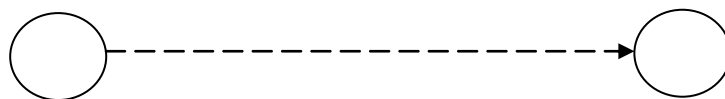


Рисунок 1.3 - Графическое изображение фиктивной работы

Событие - это промежуточный или окончательный результат одной или нескольких работ. Событие изображается кружками или другими геометрическими фигурами, внутри которых указывается определенный номер - код события.

Общая схема кодирования работ и событий сетевого графика может быть представлена в следующем виде (рис 1.4.).

Непрерывная технологическая последовательность работ, ограниченная исходным и завершающим событием, называется путем и обозначается T . Путь с максимальной продолжительностью называется критическим путем. и обозначается $T_{кр}$

Работы и события, лежащие на критическом пути, называются критическими:

$$T_{кр} = \max \sum_A^Z t_i,$$

где t_i - продолжительность i -й работы;

A - исходное событие сети;

Z - завершающее событие сети.

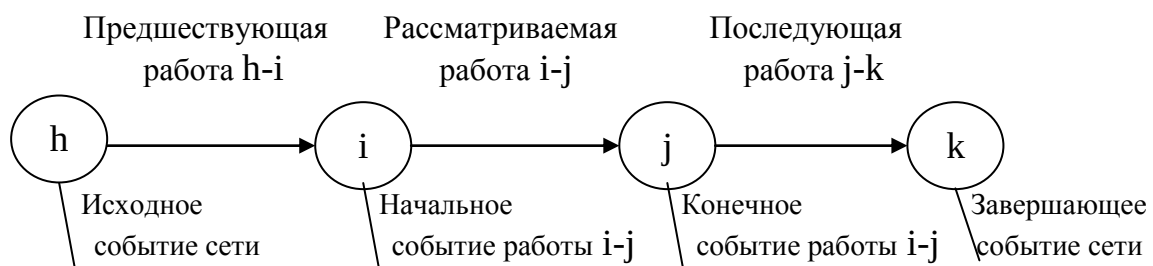


Рисунок 1.4 - Общая схема кодирования работ и событий сетевого графика

1.2 Временные параметры сетевых графиков и их условные обозначения

$i-j$ - код рассматриваемой работы;

i - код начального события;

j - код конечного события;

$h-i$ - код предшествующей работы;

h - код предшествующего события;

$j-k$ - код последующей работы;

k - код последующего события;

t_{i-j} - продолжительность рассматриваемой работы;

T_{i-j}^{pn} - раннее начало работы – время самое раннее из возможных сроков начала данной работы;

T_{i-j}^{po} - раннее окончание работы - время окончания работы при раннем ее начале;

T_{i-j}^{nn} - позднее начало работы - самый поздний из допустимых сроков ее начала, при котором общая продолжительность работ (критический путь) не увеличивается;

T_{i-j}^{no} - позднее окончание работы - время окончания работы при позднем ее начале;

R_{i-j} - общий (полный) резерв времени работы - количество времени, на которое можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность, не изменяя общего срока строительства;

r_{i-j} - частный (свободный) резерв времени работы - количество времени, на которое можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность без изменения раннего начала последующих работ.

1.3 Алгоритм расчета сетевых графиков

Расчет характеристик (временных параметров) сетевого графика производим в следующем порядке:

1.3.1 Выполняем расчет ранних характеристик последовательно от начального события (исходного сети) $T_{i-j}^{PH}=0$. Тогда для первой работы раннее окончание определяем по формуле

$$T_{i-j}^{PO} = T_{i-j}^{PH} + t_{i-j}. \quad (1.1)$$

Для последующей работы T_{j-k}^{PH} определяется по формуле

$$T_{j-k}^{PH} = T_{i-j}^{PO} = T_{i-j}^{PH} + t_{i-j}. \quad (1.2)$$

Если в событие входят две и более работ, то принимают:

$$T_{j-k}^{PH} = \max T_{i-j}^{PO} = \max (T_{i-j}^{PH} + t_{i-j}). \quad (1.3)$$

Для завершающего события модели (k):

$$T_k^{PO} = \max T_{j-k}^{PO} = T_{кр}. \quad (1.4)$$

1.3.2 Выполняем расчет поздних характеристик последовательно от конечного события работы (завершающего события модели) к начальному событию. Для завершающего события (k):

$$T_k^{PO} = T_k^{PO} = T_{кр}. \quad (1.5)$$

Для последней работы j-k:

$$T_{j-k}^{PO} = \max T_{j-k}^{PO}, \quad (1.6)$$

тогда

$$T_{j-k}^{PH} = T_{j-k}^{PO} - t_{j-k} = T_{кр} - t_{j-k} \quad (1.7)$$

Для остальных (рассматриваемых) работ:

$$T_{i-j}^{PO} = T_{j-k}^{PH} = \min T_{j-k}^{PH}, \quad (1.8)$$

тогда

$$T_{i-j}^{PH} = T_{i-j}^{PO} - t_{i-j} = \min T_{j-k}^{PH} - t_{i-j}. \quad (1.9)$$

Для исходного события:

$$T_h^{PH} = \min T_h^{PH} = 0. \quad (1.10)$$

1.3.3 Определяем резервы времени.

Общий (полный) резерв времени R_{i-j} определяем как разность поздних и ранних сроков начала или окончания работы:

$$R_{i-j} = T_{i-j}^{PH} - T_{i-j}^{PO} = T_{i-j}^{PO} - T_{i-j}^{PO}. \quad (1.11)$$

Частный (свободный) резерв времени r_{i-j} определяем разностью значений раннего начала последующей работы и раннего окончания данной работы:

$$r_{i-j} = T_{j-k}^{PH} - T_{i-j}^{PO}. \quad (1.12)$$

Для работ, лежащих на критическом пути, общий и частный резервы времени равны 0:

$$R_{i-j} = r_{i-j} = 0. \quad (1.13)$$

1.3.4 В ходе расчета параметров сетевого графика выполняем следующие проверки:

- при расчёте поздних характеристик для исходного события (h):

$$T_h^{PH} = T_h^{PH} = 0; \quad (1.14)$$

- общий резерв времени для любой работы должен быть больше или равен частному резерву времени:

$$R_{i-j} \geq r_{i-j}. \quad (1.15)$$

Критический путь $T_{кр}$ проходит непрерывно от исходного события к завершающему событию. Возможно его разветвление, в этом случае критический путь должен соединиться. Критических путей на сетевом графике может быть несколько.

2 Основные правила построения сетевых графиков

При построения сетевых графиков выбирают логическую схему выполнения работ, включающую решения трех вопросов:

- какая работа предшествует данной работе;
- какая работа сопутствует данной работе;
- какая работа следует за данной работой.

Полученные в результате решения этих вопросов сочетания стрелок образуют сетевой график. Для правильного отражения связи между работами сетевого графика необходимо соблюдать при его построении ряд правил. После построения модели необходимо проверять логичность работ и зависимостей, а также достаточность и необходимость событий и зависимостей. Нумерация (кодирование) событий должна соответствовать последовательности работ во времени, т.е. предшествующим событиям присваиваются меньшие номера.

2.1 Правила построения сетевых графиков

2.1.1 Направление стрелок может быть произвольным, но предпочтительно слева направо и сверху вниз.

2.1.2 Форма графика должна быть простой, график не должен иметь лишних пересечений, большинство работ следует изображать горизонтальными линиями.

2.1.3 При последовательном выполнении нескольких работ они изображаются на графике следующими одна за другой (рис.2.1).

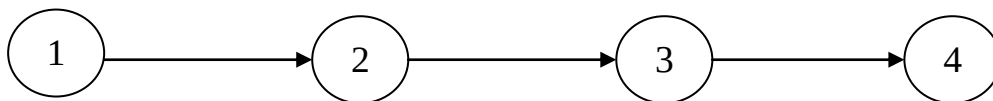


Рисунок 2.1 - Изображение последовательно выполняемых работ

2.1.4 При выполнении параллельных работ, т.е. если одно событие служит началом двух работ или более, заканчивающихся другим событием, вводится зависимость и дополнительное событие, иначе разные работы будут иметь одинаковый код (рис.2.2).

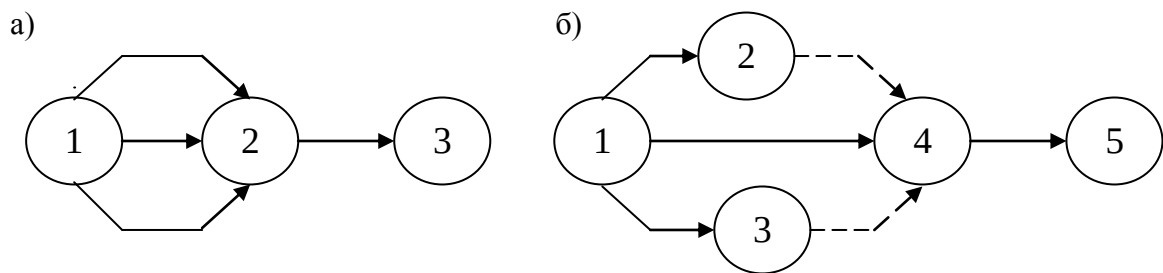


Рисунок 2.2 - Изображение параллельно выполняемых работ:
а - неправильное; б - правильное

2.1.5. Если те или иные работы начинаются после частичного выполнения предшествующей работы, то эту работу следует разбить на части. При этом каждая часть работы в графике считается самостоятельной работой и имеет свои предшествующие и последующие события (рис.2.3).

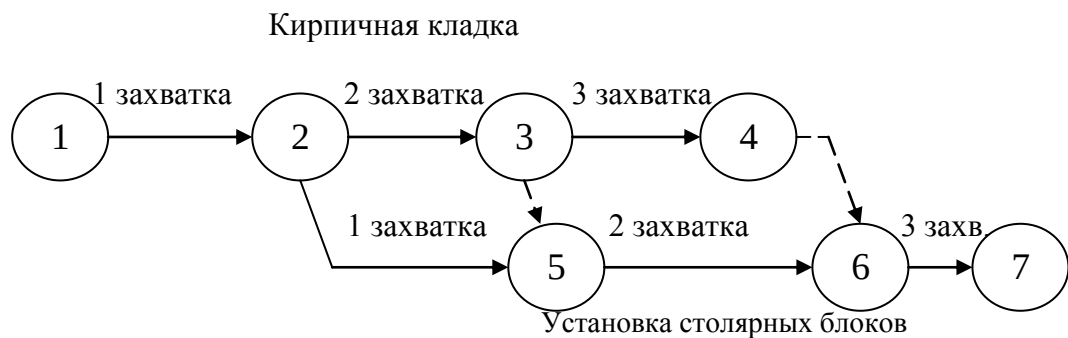


Рисунок 2.3 - Разбивка работ на части

2.1.6 Использование зависимостей для правильного отражения последовательности выполнения работ показано на рис 2.4.

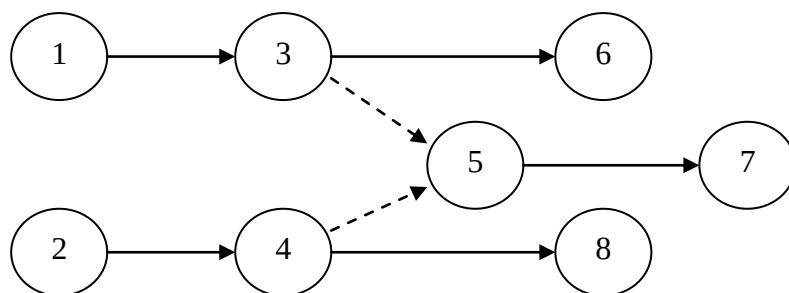


Рисунок 2.4 – Изображение зависимости между работами

После окончания работ 1-3 и 2-4 можно начинать работу 5-7, а начало работы 3-б зависит только от окончания работы 1-3, как и начало работы 4-8 зависит только от окончания работы 2-4.

2.1.7 Изображение дифференциально зависимых работ показано на примере монтажных работ каркаса здания и крупнопанельного стенового ограждения. Введением нового дополнительного события 6 и зависимости 6-7 (фиктивной работы) исключается зависимость последующих событий от предыдущих, не имеющих технологической связи, так как сборку каркаса производят до монтажа панелей стен (рис.2.5). При таком решении выполнение работы 7-8 зависит только от окончания работы 4-7 и 5-6, а выполнение работы 6-9 только от окончания работы 5-6. На рис 2.5.а начало работы 7-9, которая представлена на рис.2.5.б как работа 6-9, зависит от окончания двух работ 4-7 и 5-7.

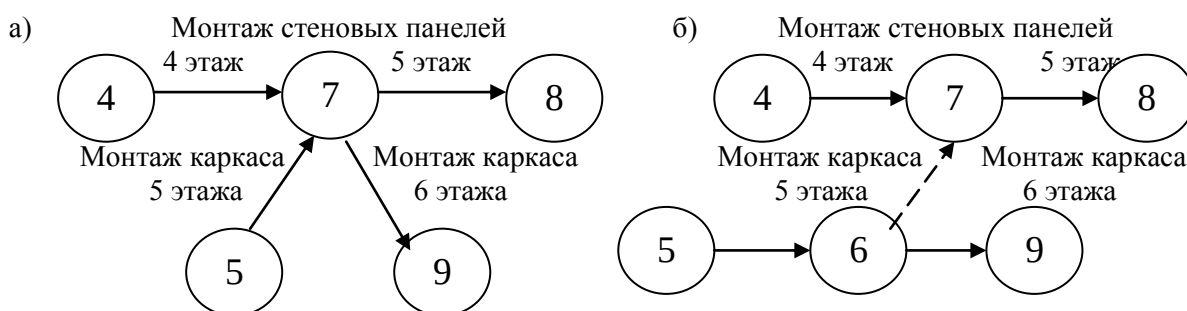


Рисунок 2.5 - Изображение дифференциально зависимость работ:
 а - неправильное; б - правильное

2.1.8 При изображении поточных работ особое внимание уделяется правильной разбивке работ на захваты и выявлению взаимосвязи смежных работ. На горизонтальном участке сетевого графика можно показывать или однородные работы по всем захваткам, или весь комплекс работ на одной захватке (рис.2.6).

В сетевом графике, моделирующем поточное строительство объекта, не должно быть «прострелов», т.е. неправильных взаимозависимостей работ (рис. 2.6.а). При построении модели лишь с учетом зависимости между работами смежных потоков (см. рис. 2.6.а) проверкой устанавливаются недостающие зависимости и события.

Рассматривая сетевой график на рис. 2.6.а можно выявить, что работа 7-9 - монтаж стен на 2-ой захватке - зависит от окончания трех работ: 3-5 - земляных работ на 3-й захватке (через зависимости 5-6, 6-7), 4-6 - монтажа фундаментов на 2-й захватке (через зависимость 6-7) и 4-7 - монтажа стен на 1-й захватке.

На самом деле имеются только две реальные зависимости от окончания монтажа стен на предыдущей захватке (работа 4-7), т.к. работы 4-7 и 7-9 выполняются одними ресурсами, и окончания работы 4-6, окончанием которой (монтаж фундаментов на 2-й захватке) работа 7-9 связана технологической зависимостью.

На рис 2.6.б введением дополнительных зависимостей устранены ложные связи. Особенностью модели поточной формы строительного производства является отсутствие зависимостей в первой и последней цепочке специализированных потоков и по крайним боковым работам

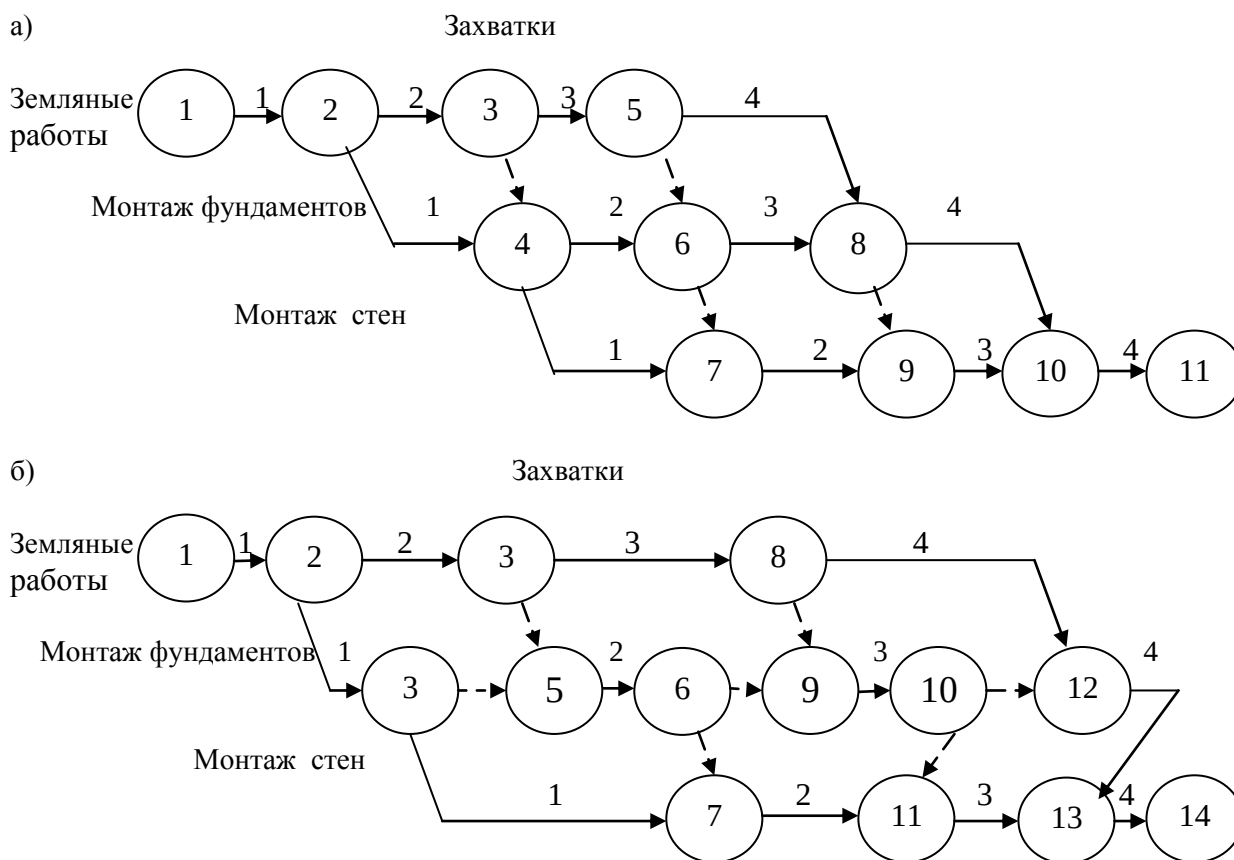


Рисунок 2.6 - Изображение потоков однородных работ по горизонтали:
а) - неправильное; б) - правильное

2.1.9 При построении сетевых графиков возможны следующие ошибки: “тупики”, “хвосты” и “циклы”.

«Тупик» - событие (кроме завершающего события), из которого не выходит ни одна работа.

«Хвост» - событие (кроме исходного события), в которое не входят ни одна работа.

«Цикл» - замкнутый контур, в котором работы возвращаются к тому событию, из которого они вышли.

На рис 2.7.а представлен сетевой график, построенный с указанными ошибками. Используя выше рассмотренные правила, ошибки в модели исправлены и на рис 2.7.б представлена правильная сеть. В сетевой график внесены исправления:

- «цикл» - 1-4-3-1 представлен в виде работ 1-3, 1-4, 3-4;
- «цикл» - 8-9-10-8 представлен в виде работ 8-9, 8-10 и 9-10, а событие 10 увязано с завершающим событием сети;

- «хвост» - событие 2 зависимость 1-2 увязано с исходным событием сети;

- «тупик» - событие 6 зависимость 6-8 увязано со сроком начала работ 8-9 и 8-10.

Возможны и другие варианты упорядочения технологии сети, которые учитывают технологическую последовательность выполнения работ на объекте.

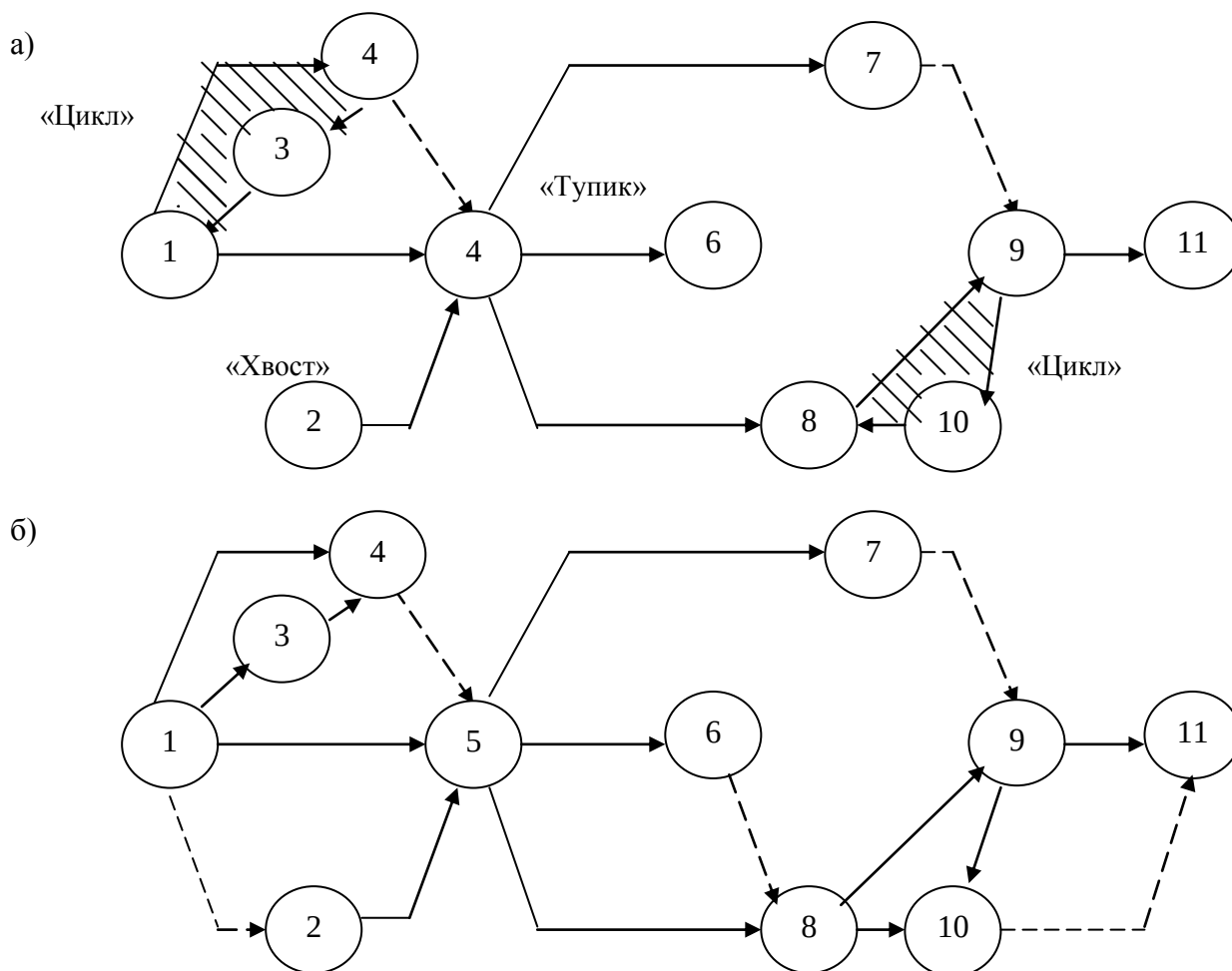


Рисунок 2.7 - Пример неправильного построения сети с «тупиками», «хвостами» и «циклами»:

а) - сеть с ошибками; б) - правильная сеть

2.1.10 При большом количестве работ для повышения наглядности графика используют укрупнённую сеть. Группу работ сетевого графика рассматривают как самостоятельный сетевой график с одним исходным и одним завершающим событием. Продолжительность новой, т.е. укрупнённой работы, равна величине критического пути между исходным и завершающим событием (рис.2.8).

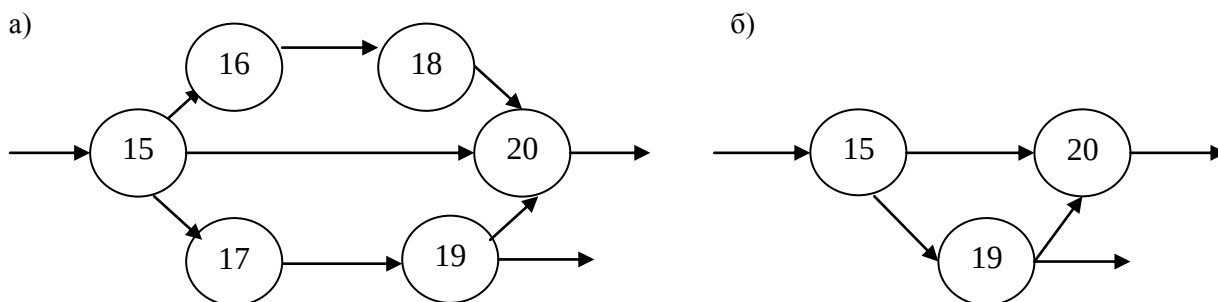


Рисунок 2.8 - Укрупнение сети: а - до укрупнения; б - после укрупнения

2.1.11 При необходимости показать поступление технологической документация, поставку материалов и оборудования, завоз строительных машин и т. д. к определённому сроку (событию) изображают кружок (или другую геометрическую фигуру) и стрелку к данному событию – внешние поставки (рис.2.9).

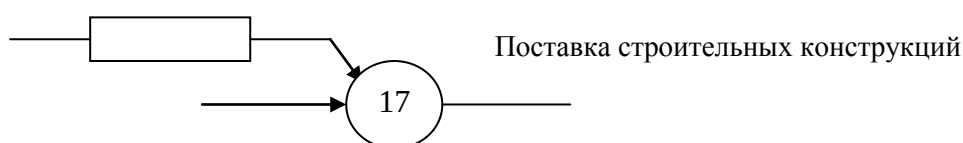


Рисунок 2.9 - Изображение внешних работ в сетевом графике

2.2 Кодирование событий

Кодирование (нумерация) событий должно соответствовать последовательности работ во времени, т.е. предшествующим событиям присваиваются меньшие номера (рис. 2.10).

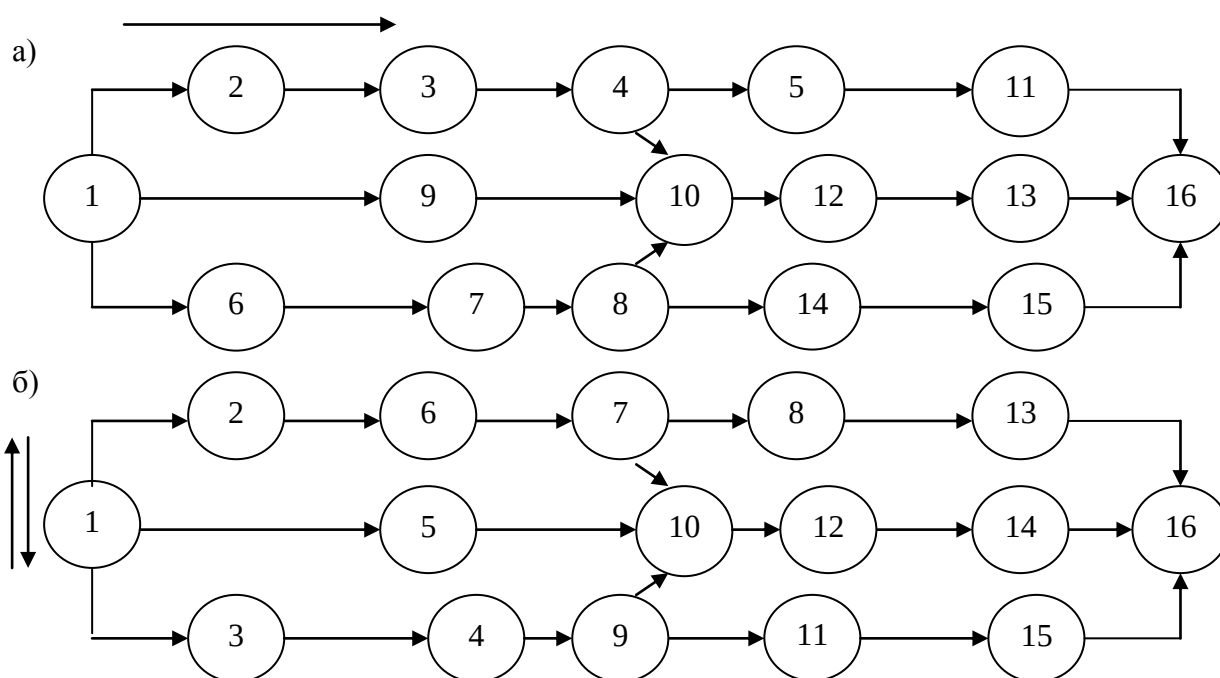


Рисунок 2.10 - Схема кодирования событий:

а - горизонтальная; б - вертикальная

Кодирование работ ведут от исходного события горизонтальным или вертикальным методом (см. рис.2.10). При горизонтальном методе события кодируют слева направо по горизонтальным прямым до первого пересечения работ (см. рис 2.10.а). При вертикальном способе нумерацию начинают сверху вниз и снизу вверх с учетом условия: последующее событие получает номер после предыдущего (см. рис.2.10.б).

3 Методы расчета сетевых графиков вручную

Сетевые графики рекомендуется рассчитывать на ЭВМ; в случаях, когда применять ЭВМ для этих целей невозможно или экономически нецелесообразно, графики рассчитывают вручную.

Для расчета сетевых графиков вручную применяют несколько способов: табличный, расчет на графике, матричный способ ускоренного расчета по потенциалам событий и др.

3.1 Расчет сетевого графика в табличной форме

Рассчитаем сетевой график, который приведен на рис 3.1. Результаты расчета занесем в таблицу 3.1. На сетевом графике над работами надпишем их продолжительность, количество смен работы и количество рабочих в смену, проставим номера событий. Выявленный расчетом критический путь выделим двойными стрелками или цветной линией. Расчет проводим в четыре этапа.

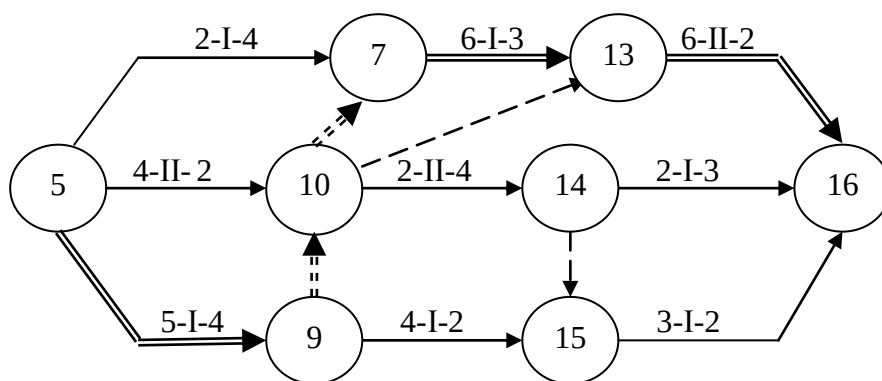


Рисунок 3.1 – Сетевой график

Этап 1. Заполняем первые три графы табл.3.1, в которые заносим исходные данные по каждой работе: номера начальных событий предшествующих работ, код работы, продолжительность работ. При этом следует начинать с заполнения второй графы, придерживаясь следующего правила: сначала записываем в графу «2» все работы, выходящие из одного события в порядке возрастания номеров - работа первая 1-2, вторая

1-3, работа третья 1-4. Затем проставляются продолжительности работ в графу «3»: для работы 1-2 продолжительность работы на рис. 3.1 показана равной 5, для работ 1-3 и 1-4 - соответственно равной 4 и 2. В графе «1» - номера начальных событий предшествующих работ - проставляем прочерки, т. к. для работ, выходящих из исходного события сетевого графика, предшествующие работы отсутствуют. Закончив запись работ, выходящих из исходного события, переходим к работам, выходящим из второго события. В рассматриваемом графике это работы 2-3 и 2-7 с продолжительностью 0 и 4 и начальным событием 1 предшествующей работы 1-2. Для работ с начальным событием «3» (3-4, 3-5 и 3-6) рассматриваем две предшествующие работы 1-3 и 2-3 и соответственно два начальных события предшествующих работ заносим в графу «1» - 1, 2. В аналогичном порядке рассматриваем все работы сети.

Этап 2. Определяем ранний срок начала и ранний срок окончания работ, заполняя построчно для каждой работы графы 4 и 5. Расчет ведем от исходного события к завершающему событию сетевого графика (см. стрелку в табл.3.1).

Проставляем ранние сроки начала исходных работ, которые равны 0: $T_{1-2}^{рн} = T_{1-3}^{рн} = T_{1-4}^{рн} = 0$. Ранний срок окончания работ по формуле (1.1) равен сумме ее продолжительности и раннего начала работы: $T_{i-j}^{ро} = T_{i-j}^{рн} + t_{i-j}$, тогда, например, для работы 1-2 $T_{1-2}^{ро} = T_{1-2}^{рн} + t_{1-2} = 0 + 5 = 5$; для работ 1-3 $T_{1-3}^{ро} = 0 + 4 = 4$; для работы 1-4 $T_{1-4}^{ро} = 0 + 2 = 2$.

Ранний срок начала неисходных работ равен по формуле (1.3) наибольшему из ранних сроков окончания предшествующих работ данной работе: $T_{i-j}^{рн} = \max T_{h-i}^{ро}$, тогда, например, для работ 2-3 и 2-7 $T_{2-3,2-7}^{рн} = T_{1-2}^{ро} = 5$; для работ 3-4, 3-5 и 3-6 выбираем наибольший срок из $T_{1-3}^{ро}$ и $T_{2-3}^{ро}$. Определяем $T_{2-3}^{ро}$: $T_{2-3}^{ро} = T_{1-2}^{ро} + t_{2-3} = 5 + 0 = 5$. Наибольшим сроком из $T_{1-3}^{ро} = 4$ и $T_{2-3}^{ро} = 5$ является $T_{2-3}^{ро} = 5$, следовательно, $T_{3-4,3-5,3-6}^{рн} = 5$.

Дальнейший расчет по определению ранних сроков начала и окончания всех остальных работ сетевого графика аналогичен изложенному расчету.

Критическое время - продолжительность критического пути, равно максимальному из ранних окончаний завершающих работ.

$$T_{5-8}^{ро}, T_{6-8}^{ро}, T_{7-8}^{ро} - T_{кр} = T_{6-8}^{ро} = 17.$$

Этап 3. Расчет поздних сроков начала и окончания работ выполняем построчно для каждой работы (графы 6, 7 табл. 3.1.) Графы заполняются снизу вверх от завершающего события к исходному событию сетевого графика (см. стрелку в табл.3.1).

Таблица 3.1 - Таблица расчёта сетевого графика

Номер начальных событий предшествующих работ	Код работы, i-j	Продолжительность работ, t _{i-j}	Ранние сроки		Поздние сроки		Полный резерв времени, R _{i-j}	Свободный резерв времени, r _{i-j}	Отметка критического пути, «+»
			начало работ, T ^{рн} _{i-j}	окончание работ, T ^{по} _{i-j}	начало работ, T ^{пн} _{i-j}	окончание работ, T ^{по} _{i-j}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	1-2	5	0	5	0	5	0	0	+
-	1-3	4	0	4	1	5	1	1	
-	1-4	2	0	2	3	5	3	3	
1	2-3	0	5	5	5	5	0	0	+
1	2-7	4	5	9	10	14	5	0	
1,2	3-4	0	5	5	5	5	0	0	+
1,2	3-5	2	5	7	12	14	7	0	
1,2	3-6	0	5	5	11	11	6	6	
1,3	4-6	6	5	11	5	11	0	0	+
3	5-7	0	7	7	14	14	7	2	
3	5-8	2	7	9	15	17	8	8	
3,4	6-8	6	11	17	11	17	0	0	+
2,5	7-8	3	9	12	14	17	5	5	
T _{кр} = 17									
I этап			II этап		III этап		IV этап		

Поздний срок начала работы равен разности ее позднего окончания и продолжительности работы и определяется по формуле (1.9):

$$T_{i-j}^{пн} = T_{i-j}^{по} - t_{i-j}.$$

Например, $T_{7-8}^{пн} = T_{7-8}^{по} - t_{7-8} = 17 - 3 = 14$.

Поздний срок окончания не завершающих сеть работ равен наименьшему из поздних начал работ, следующих за данной работой, например, за работой 3-5 следуют работы 5-7 и 5-8, у которых $T_{5-7}^{пн} = 14$, $T_{5-8}^{пн} = 15$, тогда $T_{3-5}^{по} = 14$.

Позднее начало хотя бы одной из исходных работ должно быть равно нулю.

Этап 4. Определяем полный и свободный резервы времени и отмечаем знаком «+» работы, лежащие на критическом пути, заполняем графы 8, 9 и 10 таблицы 3.1.

Полные резервы времени работы определяются по формуле (1.11):

$$R_{i-j} = T_{i-j}^{пн} - T_{i-j}^{рн} = T_{i-j}^{по} - T_{i-j}^{ро}.$$

Например, для работы 1-2 $R_{1-2} = 0 - 0 = 5 - 5 = 0$, для работы 3-6 $R_{3-6} = 11 - 5 = 6$.

Практически для заполнения графы 8 табл. 3.1 необходимо по каждой строчке определить разность значений граф 7 и 5 или 6 и 4.

Свободные резервы времени работы определяются по формуле (1.12):

$$r_{i-j} = T_{j-k}^{PH} - T_{i-j}^{PO}$$

Например, для работы 1-2 $r_{1-2} = T_{2-3,2-7}^{PH} - T_{1-2}^{PO} = 5 - 5 = 0$, для работы 3-6 $r_{3-6} = T_{6-8}^{PH} - T_{3-6}^{PO} = 11 - 5 = 6$.

Работы, не имеющие резервов времени, т. е. полный R_{i-j} и свободный r_{i-j} резервы равны нулю, лежат на критическом пути. Эти работы отмечаем знаком «+» в 10 графе таблицы 3.1 и двойной или цветной линией на сетевом графике.

3.2 Расчёт сетевого графика на графике

Расчет сетевого графика ведем непосредственно на самом графике. Для этого сетевой график вычерчивается с увеличенными кружками. Каждый круг делим на четыре сектора (рис.3.2); в каждый сектор записываем определенную информацию.

В верхнем секторе указывается номер события; в левом - ранний срок начала последующих работ; в нижнем - номер события, через которое к данному событию идет путь максимальной продолжительности; в правом - поздний срок окончания предшествующих работ.

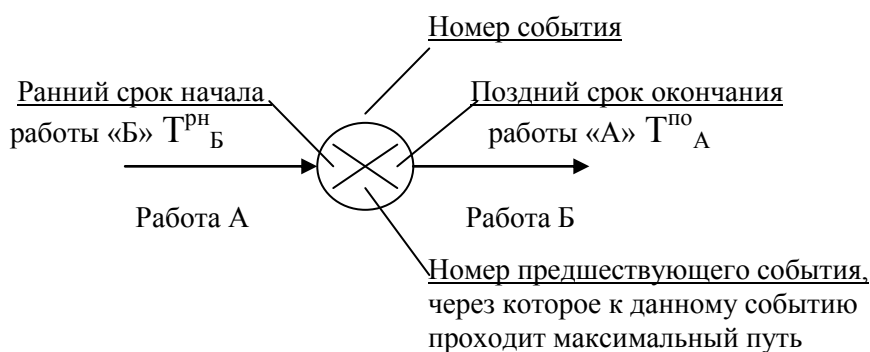


Рисунок 3.2 - Содержание секторов событий при расчете сетевого графика графическим методом

Расчет проводим в четыре этапа (рис.3.3).

Этап 1. Определяем ранние сроки начала работ, т. е. заполняем левый сектор событий. Расчет ведём от исходного события последовательно к завершающему. Одновременно заполняем и нижний сектор событий. Ранний срок начала последующих работ определяем по формуле (1.3) как наибольший из сумм раннего начала и продолжительности предшествующих работ: $T_{i-j}^{PH} = \max (T_{h-i}^{PH} + t_{h-i})$. Например, для работы 4-6 $T_{4-6}^{PH} = \max [(T_{1-4}^{PH} + t_{1-4}); (T_{3-4}^{PH} + t_{3-4})]$; $T_{4-6}^{PH} = \max [(0 + 2); (5 + 0)] = 5$. Для четвертого события в левый сектор записываем 5, а в нижний - 3.

Для первого события (исходного события сети) в левый сектор записываем 0, в нижний сектор тоже 0 или прочерк, т.к. у исходного события нет предшествующих работ.

В левый сектор завершающего события записываем максимальную величину из суммы ранних сроков начала и продолжительностей завершающих работ. Эта величина является продолжительностью критического пути и равна $T_{кр} = T_{6-8} = 17$.

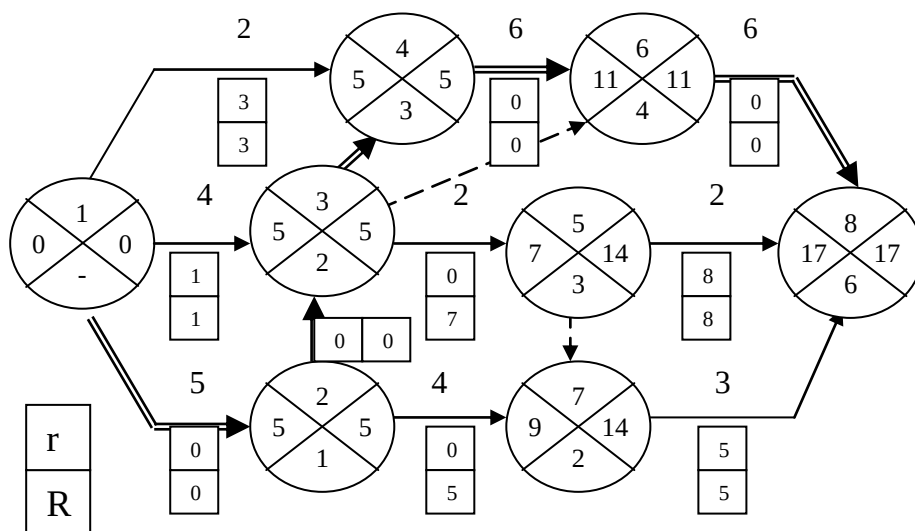


Рисунок 3.3 – Расчет сетевого графика графическим методом

Этап 2. Определяем поздние сроки окончания работ, т. е. заполняем правый сектор событий. Расчет ведем от завершающего события сети к исходному. Поздний срок окончания завершающих работ равен продолжительности критического пути и поэтому в правый сектор завершающего события 8 записываем рассчитанный в ходе 1 этапа критический срок, равный 17.

Поздний срок окончания предшествующих работ равен минимальной величине разности между поздним сроком окончания и продолжительности этих работ, определяемый по формуле (1.8): $T_{i-j}^{по} = \min T_{j-k}^{пн} = \min (T_{j-k}^{по} - t_{j-k})$. Например, для работы 3-5 $T_{3-5}^{по} = \min [(T_{5-8}^{по} - t_{5-8}); (T_{5-7}^{по} - t_{5-7})]; T_{3-5}^{по} = \min [(17 - 2); (14 - 0)] = 14$.

В правый сектор события 5 записываем 14.

Если вычисления выполнены правильно, то в правом секторе исходного события сети должно получиться значение, равное разности между значениями правого и левого секторов завершающего события графика. Для сетевого графика на рис 3.3: $17 - 17 = 0$ - эта величина записана в правом секторе первого события.

Этап 3. Определяем резервы времени работ и записываем их на графике под работами в квадратах: полный резерв в знаменателе (нижнем квадрате), свободный в числителе (верхнем квадрате).

Полный резерв времени определяем по формуле (1.11):

$$R_{i-j} = T_{i-j}^{пн} - T_{i-j}^{рн} = T_{i-j}^{по} - T_{i-j}^{ро}$$

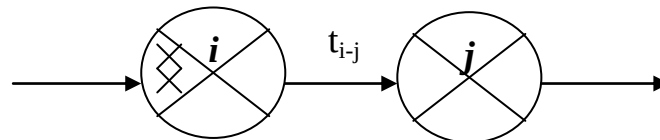
Например, для работы 3-5 $R_{3-5} = (T_{3-5}^{по} - t_{3-5}) - T_{3-5}^{рн} = T_{3-5}^{по} - (T_{3-5}^{рн} + t_{3-5}) = (14 - 2) - 5 = 14 - (5 + 2) = 7$.

Свободный резерв времени определяем по формуле (1.12):

$$r_{i-j} = T_{j-k}^{рн} - T_{i-j}^{ро}$$

Например, для работы 3-5 $r_{i-j} = T_{5-7,5-8}^{рн} - (T_{3-5}^{рн} + t_{3-5}) = 7 - (5 + 2) = 0$.

Определение резервов может быть проведено как чисто механическая операция (рис. 3.4):



$$R_{i-j} = \text{правый сектор } j - (\text{левый сектор } i + t_{i-j})$$

$$r_{i-j} = \text{левый сектор } j - (\text{левый сектор } i + t_{i-j})$$

Рисунок 3.4 - Определение резервов времени

Полный резерв времени R_{i-j} - сумма величин левого сектора события i и продолжительности работы t_{i-j} вычитается из величины правого сектора события j ; свободный резерв времени r_{i-j} - эта же сумма величин левого сектора события i и продолжительности работы t_{i-j} вычитается из величины левого сектора события j .

Этап 4. Определяем работы, принадлежащие критическому пути. Критический путь проходит через завершающее событие 8, в нижнем секторе которого записано событие 6. Это событие также принадлежит критическому пути. В нижнем секторе события 6 записано событие 4, т.е. критический путь пройдет через событие 4 и т. д. до исходного события.

В данном сетевом графике критический путь $T_{кр}$ проходит через события 1, 2, 3, 4, 6, 8 и равен 17. На этом пути лежат работы 1-2, 2-3, 3-4, 4-6, 6-8, для которых полный и свободный резервы времени равны 0.

Обозначаем критический путь на сетевом графике двойной или цветной линией.

4 Сетевые графики в масштабе времени

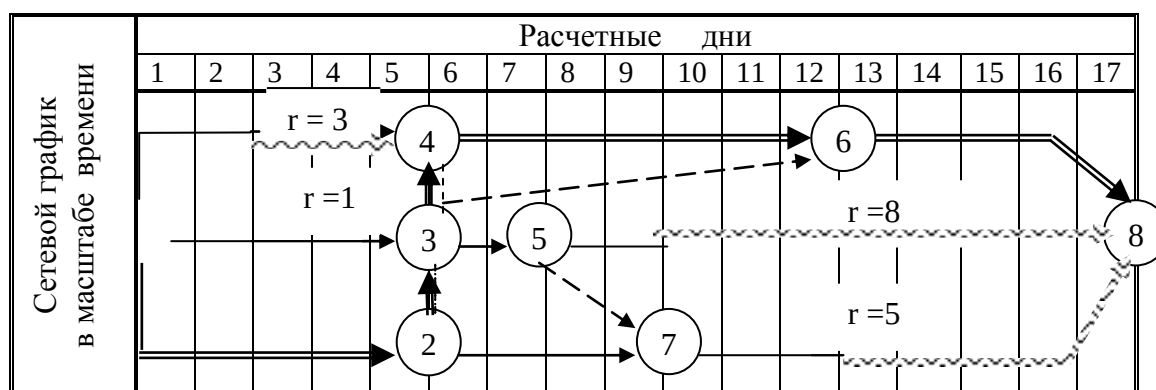
Сетевой график, представленный в форме, когда стрелка каждой работы выполнена в определенном принятом масштабе, является более наглядным и доступным для использования на любом уровне управления. Перевод безмасштабного графика на масштаб может осуществляться при

сохранении формы сетевого графика после расчета, либо переводом его в линейный график (линейную диаграмму).

4.1 Построение сетевого графика в масштабе времени

Выполняем построение сетевого графика (см. рис.3.1) в виде масштабной модели (рис 4.1). В масштабном сетевом графике работы изображаем на чертеже в соответствии с принятым масштабом времени.

Каждое событие графика показываем в виде окружности, ось которой проходит по оси расчетного дня раннего начала рассматриваемой работы: от оси события откладываем как проекцию на ось времени сумму продолжительности работы и её свободного резерва. При построении сетевого графика в масштабе времени используем условные обозначения, позволяющие наглядно показать критические и не критические работы с их свободными резервами времени. Ранние сроки начала работ получаем при расчете сетевой модели любым известным методом, для примера используем расчетные данные рис. 3.3.



Условные обозначения:

- продолжительность работы критического пути
- продолжительность не критических работ
- свободный резерв времени

Рисунок 4.1 - Сетевой график в масштабе времени

4.2 Построение сетевого графика в масштабе времени в виде линейной диаграммы

Построение выполняем для сетевого графика (см. рис.3.1), используя расчетные данные временных параметров работ и событий рис.3.3. В избранном масштабе времени в виде горизонтальных линий откладываем продолжительность каждой работы в той последовательности, в которой она показана на сетевом графике, и её свободный резерв времени. Работы откладываем по их ранним срокам начала (рис. 4.2).

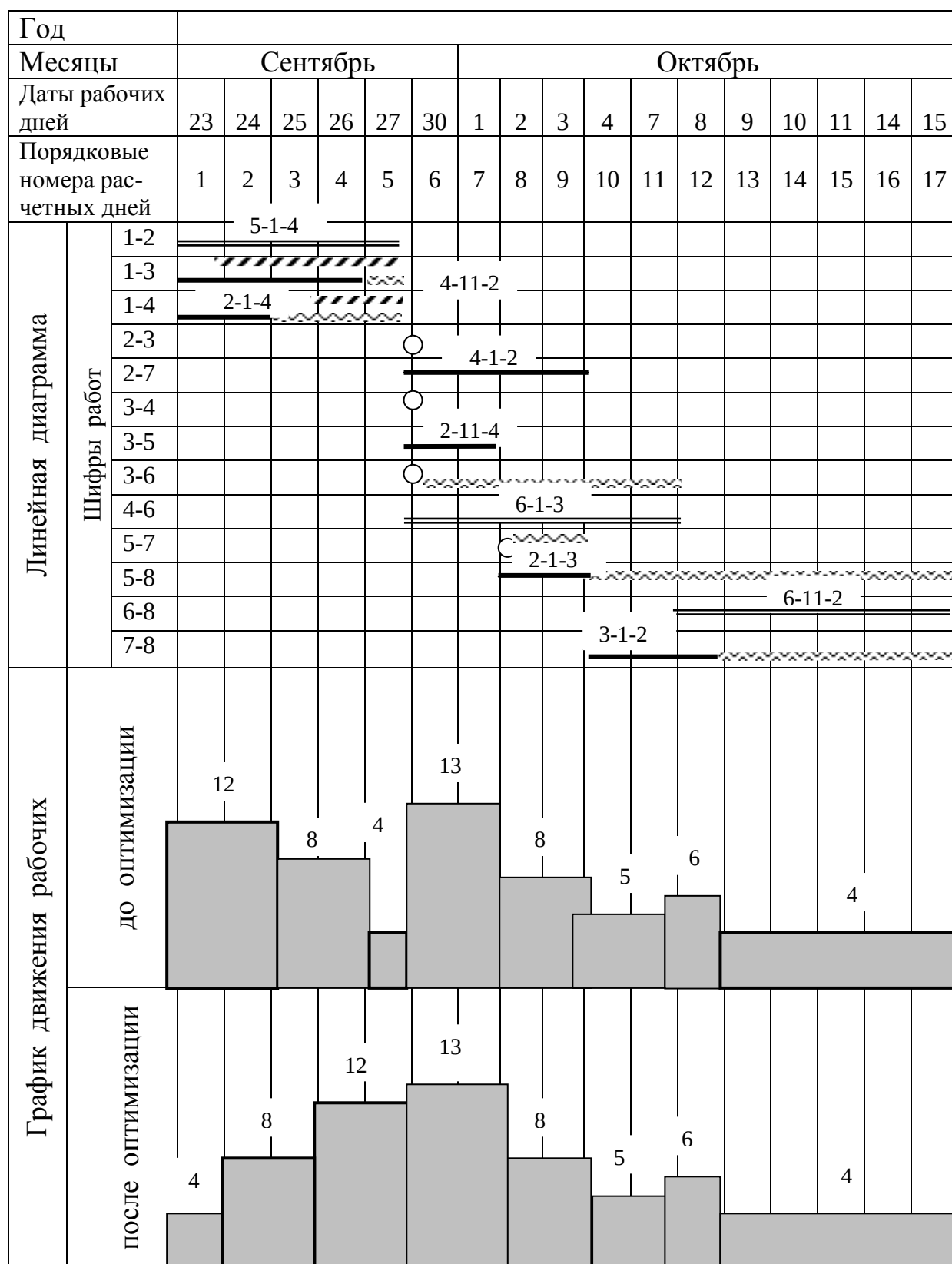


Рисунок 4.2 – Построение линейной диаграммы и эпюры трудовых ресурсов (первый вариант оптимизации)

Условные обозначения:

- ===== - продолжительность работ критического пути
- - продолжительность некритических работ
- ~~~~~ - свободный резерв времени
- ////// - новое положение работ (после оптимизации)

Характеристики работ, включающие продолжительность, количество смен работы и количество рабочих в смену также могут быть записаны в графах перед графиком, как и шифр работ, величины полного и свободного резервов времени. При большом количестве работ и их близком расположении друг к другу по вертикали данные в графах трудно соотносить с соответствующими работами. Поэтому их рекомендуется надписывать над работами или рядом с работами в календарной части линейной диаграммы, а номера начальных и конечных событий ставить на диаграмме для каждой работы по оси соответствующего дня.

Для определения дат начала и окончания работ выполняем привязку расчетных дней линейной диаграммы к календарной линейке, в которой отражается построчно: год строительства, месяцы года, календарные дни за вычетом праздничных и выходных дней и непосредственно расчетные дни. Построенная линейная диаграмма приведена в верхней зоне рис 4.2.

4.3 Построение графика движения рабочих

Чаще всего в строительной практике обеспечение ввода объекта в заданный срок лимитирует рабочая сила. Распределение рабочих в период производства работ влияет и на расчет количества временных зданий и сооружений административно-бытового назначения и обеспечения их энергоресурсами. Поэтому под линейной диаграммой, прежде всего, строится график движения рабочих, как основного ресурса строительства, который следует корректировать. При этом решаются одновременно две следующие задачи: равномерное распределение рабочей силы и доведение до минимума количества рабочих в период стабилизации потока.

Для выполнения корректировки сетевого графика (оптимизации) по ресурсам его перестраивают в масштабе времени в виде линейной диаграммы и строят график движения рабочих (см. рис.4.2).

Указанные характеристики работ над каждой работой на линейной диаграмме, включающие продолжительность, количество смен работы в сутки и количество рабочих в смене, используются для определения потребности рабочих в каждые рабочие сутки. Ежесуточное количество рабочих рассчитывается суммированием количества рабочих, занятых на одновременно выполняемых работах. Количество рабочих при работе в две смены умножается на два, потому что в характеристике работы показана односменная их потребность.

Например, в первый расчетный день выполняется: работа 1-2 в одну смену четырьмя рабочими; работа 1-3 в две смены, в каждой из которых занято по два человека или четыре рабочих в сутки, работа 1-4 в одну смену четырьмя рабочими. Всего на рассмотренных трех работах занято в первые сутки $4 + 2 \times 2 + 4 = 12$. В выбранном масштабе это количество рабочих откладываем от горизонтальной линии отсчета вверх. Это количество рабочих не изменяется два дня.

В последующие два дня количество рабочих уменьшится на четыре человека в связи с окончанием выполнения работы 1-4. В каждый следующий день учитывается уменьшение или увеличение числа рабочих при окончании какой-либо работы или начале новой работы.

Построенный график движения рабочих по работам линейной диаграммы показан на рис. 4.2 в средней зоне.

4.4 Оптимизация графика движения рабочих

График движения рабочих имеет скачкообразный вид с перепадом в середине от 13 до 4 рабочих (см. рис. 4.2). Оптимальным считается график, имеющий равномерное нарастание, стабилизацию и равномерное снижение количества рабочих, без резких подъемов – «пиков» и падений – «впадин». Используя частные резервы времени работ, изменяем сроки их выполнения таким образом, чтобы график принял оптимальный вид. Можно выполнить несколько вариантов оптимизации для достижения поставленных целей.

Последовательно рассматриваем ранние сроки начала выполнения работ сетевого графика с целью возможного изменения сроков выполнения некритических работ. Выполняем первый вариант оптимизации. Работа 1-3 может быть начата и выполнена за счет использования свободного резерва на один день позже; работа 1-4 в любой срок с 1 по 5 день. Принимаем сроки выполнения работы 1-3 со 2 по 5 день, а работы 1-4 в 4 и 5 день, что показываем на линейной диаграмме условным обозначением – «новое положение работ».

Определяем потребность рабочих в каждые сутки работы путем суммирования рабочих, занятых на всех работах с учетом только их нового положения.

Из дальнейшего рассмотрения линейной диаграммы и графика движения рабочих устанавливаем, что изменение сроков выполнения последующих работ за счет свободных резервов времени не внесет в наш случай улучшений в график движения рабочих. На основании проведенной корректировки сроков выполнения работ на линейной диаграмме построен новый график в нижней зоне (см. рис. 4.2).

Эпюры графика трудовых ресурсов могут быть построены отдельно одна над другой или совмещены. Для отличия эпюр при их совмещении используются условные обозначения. Такой прием наглядно показывает результаты выполненной оптимизации. Оптимизированный график служит основой для разработки графика потребности в рабочих кадрах по объекту в составе проектных документов проекта производства работ.

Анализ результатов оптимизации сетевого графика по критерию «Трудовые ресурсы» после изменения сроков выполнения работ, имеющих свободные резервы времени, показал, что равномерного распределения

рабочей силы и доведение до минимума количества рабочих в период стабилизации потока не достигнуто.

Оценить результаты оптимизации можно расчетом коэффициента неравномерности движения рабочих K_p , отражающего отношение среднего количества рабочих K_{cp} к максимальному количеству рабочих $K_{\max}$:

$$K_p = K_{cp} / K_{\max}.$$

Среднее количество рабочих K_{cp} определяется как суммарная трудоемкость всех работ (площадь эпюры графика движения рабочих), деленная на продолжительность их выполнения ($T_{кр}$). В рассматриваемом примере K_p до и после оптимизации одинаков, так как суммарная трудоемкость работ равна и максимальное количество рабочих равно.

Равномерное движение рабочих в течение периода строительства характеризуется $K_p = 1$. Поэтому в результате корректировки сроков выполнения работ величина K_p должна возрастать.

Для выполнения поставленной задачи оптимизации графика движения рабочих можно применять ещё три способа:

- изменения сроков выполнения работ в пределах их полного резерва времени R_{i-j} ;
- увеличением (сокращением) продолжительности работ в пределах их свободных t_{i-j} и полных R_{i-j} резервов времени с одновременным уменьшением (увеличением) числа рабочих;
- одновременным использованием обоих способов.

Проведем дополнительную корректировку графика движения рабочих по работам линейной диаграммы представленной на рис. 4.2 (второй вариант оптимизации) и строим по новым положениям и характеристикам работ с учетом не оптимизированных работ новый график движения рабочих отдельно до и после оптимизации или совмещаем эпюры этих графиков. На рис 4.3 показана эпюра трудовых ресурсов после второго варианта оптимизации.

Работу 1-3 за счет свободного резерва времени $t_{i-j} = 1$ день предусматриваем выполнять на один день позже.

Работу 1-4, имеющую свободный резерв времени $t_{i-j} = 3$ дня, предусматриваем выполнять в течение 4 дней вместо двух. В этом случае потребуется только два рабочих, потому что трудоемкость работы не изменится и составит величину произведения количества дней работы на количество рабочих в смену, а именно: $2-1-4 = 2 \times 1 \times 4 = 8$ чел.-дн. Используем имеющийся свободный резерв времени и принимаем время выполнения работы со 2 по 5 день.

Аналогично поступим с работой 3-5. Эта работа должна выполняться за два дня в две смены по 4 рабочих в смене. Предусматриваем ее выполнение четыре дня в одну смену четырьмя рабочими. Начало выполнения работы не изменим, т.к. эта работа имеет полный резерв времени R_{i-j} равный 8 дням. Предусматриваем начало работы 3-5 на два дня позже - на срок увеличения продолжительности этой работы.

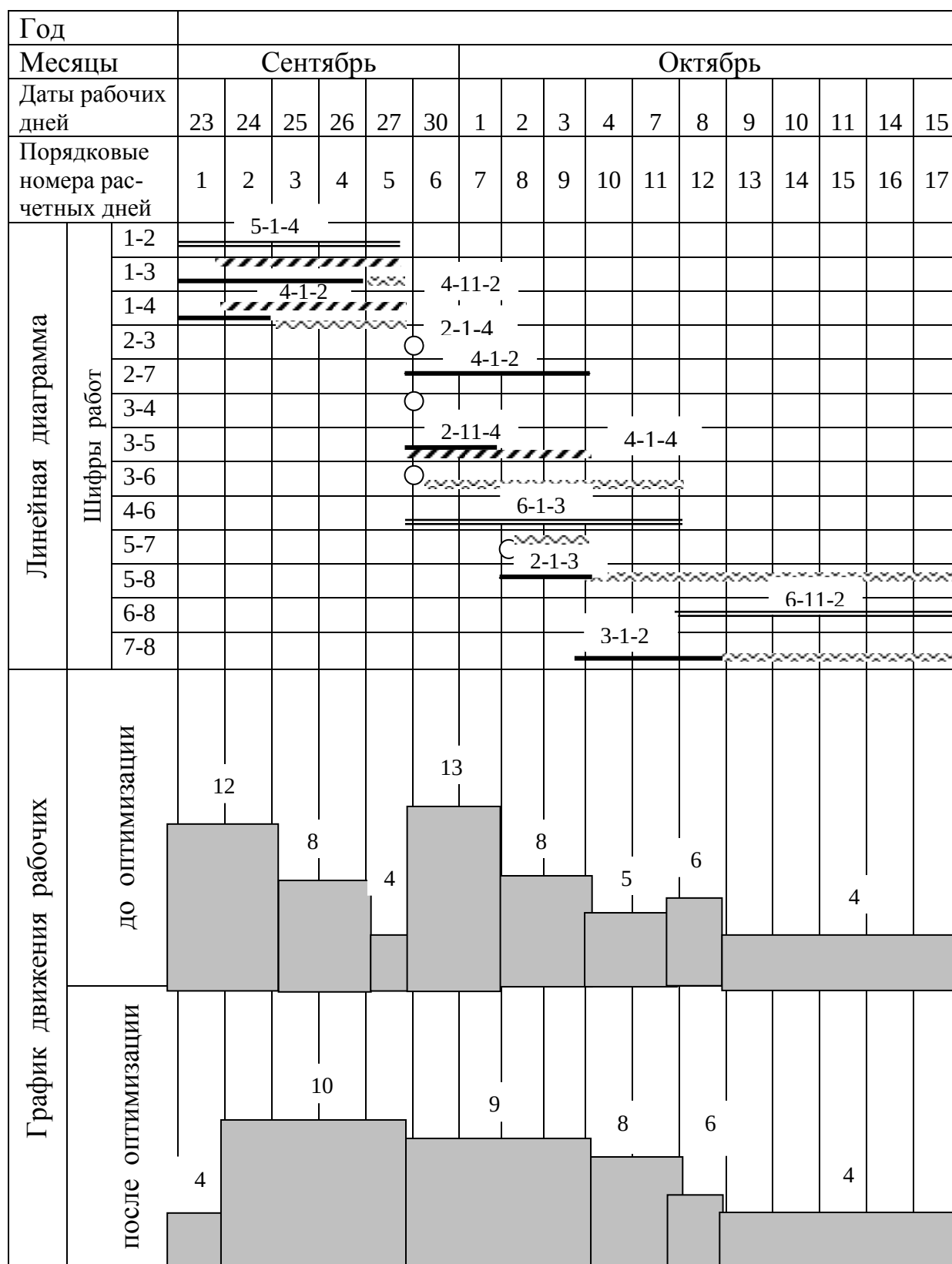


Рисунок 4.3 – Построение линейной диаграммы и эпюры трудовых ресурсов (второй вариант оптимизации)

Условные обозначения:

- продолжительность работ критического пути
- продолжительность не критических работ
- свободный резерв времени
- новое положение работ (после оптимизации)

На линейной диаграмме наносим новые положения работ. Для тех работ, у которых изменились данные о продолжительности выполнения и количестве работающих, записываем над работами новые характеристики.

Проводим сопоставительный анализ эпюр на рис 4.2 и 4.3 после оптимизации графиков движения рабочих:

- определяем суммарную трудоемкость всех работ умножением количества рабочих на продолжительность их работы, а именно $12 \times 2 + 8 \times 2 + 4 \times 1 + 13 \times 2 + 8 \times 2 + 5 \times 2 + 6 \times 1 + 4 \times 5 = 122$ чел.-дн.;

- определяем среднее количество рабочих, которое составит $122 / 17 = 7,18$;

- определяем K_p для исходного графика движения рабочих при оптимизации: первой $K_{p1} = 7,18 / 13 = 0,55$; второй - $K_{p2} = 7,18 / 10 = 0,72$.

Во втором случае оптимизации графика движения рабочих достигнуто снижение максимальной численности рабочих, что привело к более равномерному потреблению трудового ресурса и повышению K_p с 0,55 до 0,72 (см. рис. 4.3).

Совмещенные эпюры графиков движения рабочих до и после оптимизации, приведены на рис.4.4. Линейная диаграмма не изменяется при изменении форм эпюр графиков движения рабочих, так как они строятся на основе общих принятых изменения положения работ и их характеристик с учетом какие работы изменяют свои сроки выполнения и за счет каких резервов времени - свободных или полных.

При совмещении эпюр графиков движения рабочих до и после оптимизации достигается наглядное представление об основных результатах проведенной оптимизации: снижение максимального количества рабочих, более равномерное распределение рабочих на протяжении всего периода производства работ, присутствуют периоды развертывания работ, стабилизации потребления трудового ресурса и свертывания количества рабочих.

Рассмотренная методика построения сетевых графиков в масштабе времени и в виде линейной диаграммы применима для решения задач оптимизации потребления не только трудовых ресурсов, но и для других используемых при строительстве ресурсов: финансовых, материальных, технических, энергетических, финансовых. При этом выбираются различные критерии оценки, отвечающие условиям производства работ и характеризующие данный вид ресурса. Часть ресурсов потребляется по мере производства работ и связана с технологией производства, другие ресурсы складываются и требуют учета сохранности их качества и оптимального запаса. Все графики потребления ресурсов взаимосвязаны, требуют выбора ведущего ресурса, который определит объемы и сроки потребления остальных ресурсов.

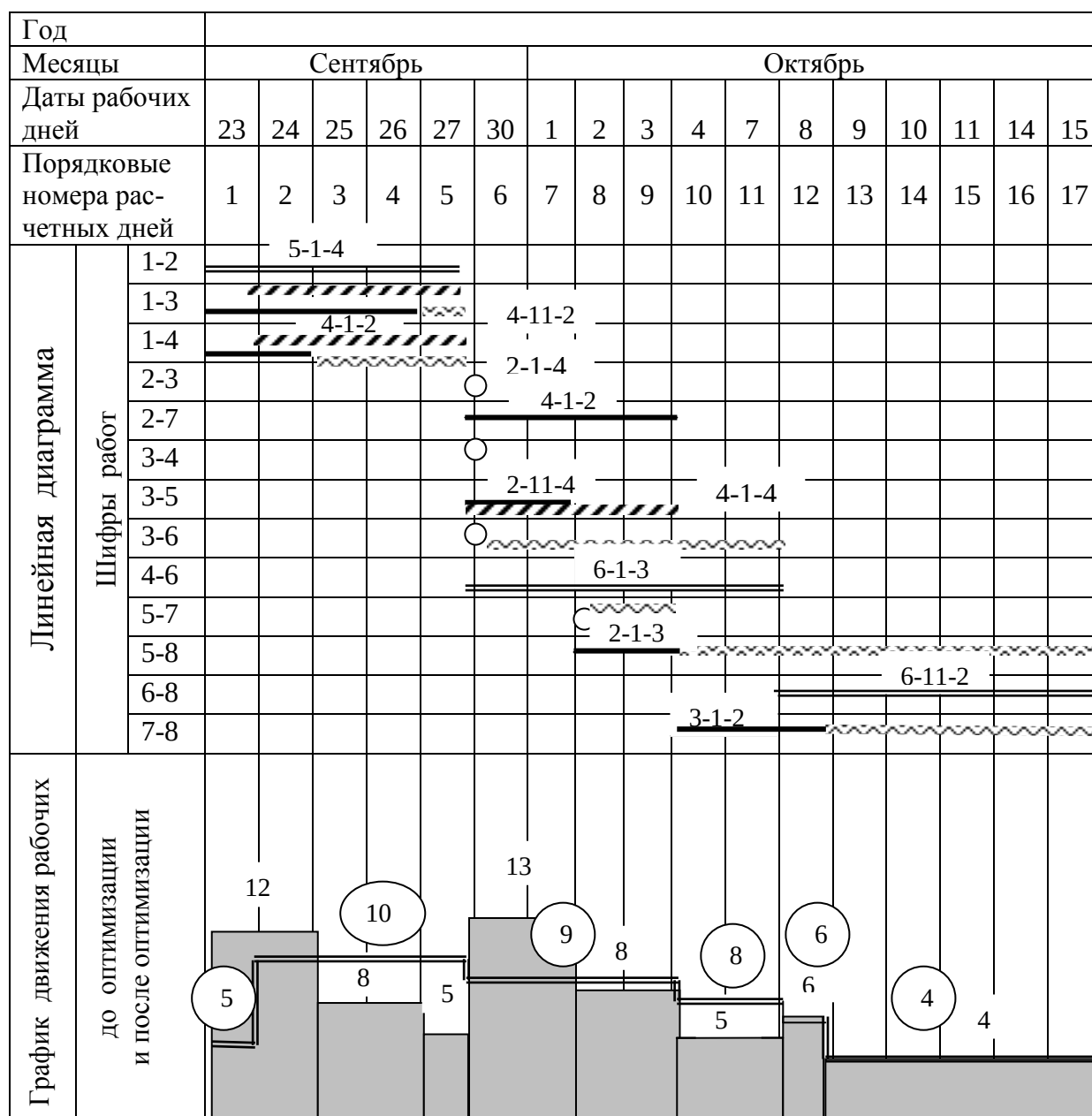


Рисунок 4.4 – Построение линейной диаграммы и совмещенных эпюр графиков движения трудовых ресурсов (второй вариант оптимизации)

Условные обозначения:

- ===== - продолжительность работ критического пути
- ===== - продолжительность не критических работ
- ~~~~~ - свободный резерв времени
- ////// - новое положение работ (после оптимизации)

Условные обозначения:

- ===== - граница графика трудовых ресурсов после оптимизации
- ===== - граница графика трудовых ресурсов до оптимизации
- 4 - количество рабочих после оптимизации

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Раздел I Сетевое моделирование. Оптимизационные задачи

1. Анализ схемы, установление ошибок при построении модели и исправление их, правильное кодирование событий и работ сетевой модели
2. Расчет сетевого графика по заданным характеристикам работ
 - 2.1 Расчет сетевого графика табличным методом
 - 2.2 Расчет сетевого графика графическим методом
3. Построение сетевого графика в масштабе времени
4. Построение линейной диаграммы и привязка ее к календарю
5. Построение графика движения рабочих
6. Оптимизация графика движения рабочих по критерию неравномерности движения
7. Расчет коэффициентов неравномерности движения рабочих до и после оптимизации

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по проведенным практическим занятиям по дисциплине «Организация, управление и планирование строительства» включают расчеты и графический материал, определенные содержанием методических указаний.

Варианты индивидуальных заданий на выполнение практических занятий выдаются преподавателем и приведены в приложениях 6 в таблицах 6.1 и 6.2. Задание оформляется на бланке с указанием варианта индивидуального задания, сроков выполнения и защиты.

Расчеты должны обосновывать и подтверждать правильность принятых решений, содержать цифровые и другие материалы. Объем отчета: 15-20 с формата А4 по ГОСТ 2.301-68.

Отчет содержит:

- титульный лист (приложение Ж);
- задание (бланк) (приложение И);
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основную часть (последовательное выполнение задания);
- заключение;
- список используемой литературы.

Текст отчета пишут с двух сторон листа от руки разборчивым почерком с высотой букв и цифр не менее 3 мм чернилами или пастой. Количество строк на странице от 33 до 38 в пределах, установленных размерами рамки. Страницы пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами. Титульный лист (см. приложение Ж) включается в общую нумерацию пояснительной записки. На титульном листе номер не ставится. Возможно выполнение пояснительной записки в электронном виде по согласованию с преподавателем кафедры.

Иллюстрации (рисунки, схемы и т.д.), входящие в состав отчета, рекомендуется выполнять на отдельных страницах после первого упоминания о них. Графическая часть работы выполняется в карандаше или с разрешения руководителя работы с помощью программы AVTOSCAD или других графических редакторов.

В содержание отчета все разделы включают с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала. Таблицы имеют сквозную нумерацию.

Содержание реферата, введения и заключения по объему не должны превышать 0,75 – 1 с.

РЕФЕРАТ

В реферате кратко излагается содержание работы с указанием темы практического занятия, характера и цели его выполнения, методы расчетов и оптимизационных решений.

Практические занятия по дисциплине «Организация, управление и планирование строительства» поэтапно раскрывают основные положения сетевого моделирования, временные характеристики работ, алгоритм расчета сетевых графиков, методы их расчета вручную, построение ресурсных графиков и оптимизацию графиков по времени и ресурсам.

Все расчеты и графические материалы в работе взаимосвязаны и носят дополняющий характер.

Указываются также конкретные результаты проектирования, область их применения и эффективность.

В отчете по практическим занятиям содержится ____ страниц, ____ рисунка, ____ таблиц, ____ формул.

ВВЕДЕНИЕ

Введение должно содержать оценку значения организационного проектирования в строительном производстве и роль в нем календарных планов. Отражаются вопросы выбора и построения графических моделей календарных планов, методов расчета временных параметров работ, определения сроков строительства и их соответствия нормативной продолжительности строительства. В необходимых случаях выбираются методы сокращения продолжительности строительства. Рассматривается построение ресурсных графиков и методы оптимизация графиков по принятым критериям, основным из которых является равномерное использования ресурсов в течение времени их потребления.

Показывается необходимость и методические подходы к анализу результатов организационного проектирования по принятым нормативным и планируемым показателям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение должно содержать общие выводы по отчету, включая анализ принятых решений по моделям календарных планов и их расчету, разработки графика трудовых ресурсов. Отражаются методы оптимизации сетевых графиков по продолжительности строительства и ресурсных графиков по принятым критериям с целью обеспечения равномерного потребления ресурсов.

По результатам организационного проектирования строительного производства даются рекомендации о проведении организационных мероприятий, способствующих достижению оптимальных результатов.

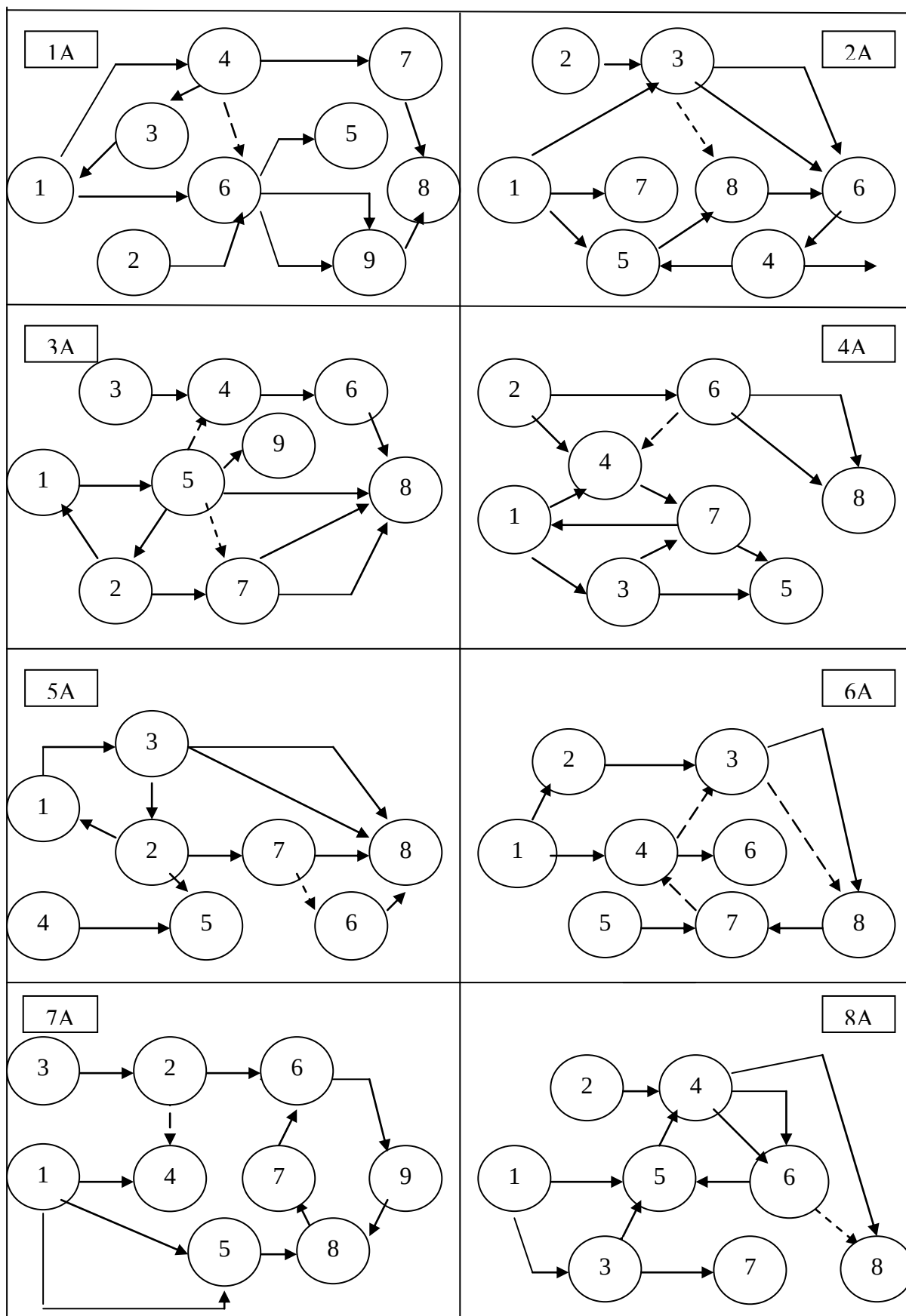
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. - Л., Стройиздат, 1990.
2. Галкин И.Г., Сафонова Э.И., Параубек Г.Э. Сборник задач по организации и планированию строительного производства: учеб. пособие для инженерно-экономических специальностей вузов строительного профиля / Под ред. И.Г.Галкина. - М.: Высш.шк., 1985. – 254 с.
3. Организация строительного производства: учебник для строит. вузов / Л.Г. Дикман – М.: Издательство АСВ, 2006.
4. Организация строительного производства: учебник для вузов / Т.Н. Цай, П.Г. Грабовый, В.А. Большаков и др. – М.: Изд-во АСВ, 1999. – 432 с.
5. Организация, экономика и управление строительством: учеб. пособие для вузов / Т.Н. Цай, Л.Н. Лавринецкий, А.Е. Лейбман, К.Г., Романова; под ред. Т.Н.Цая. – М.: Стройиздат, 1984. – 367 с.
6. СНиП 12-01-2004. Организация строительства.
7. СНиП 1.04.03-85*. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. Госплан СССР. М.: АПП ЦИТП, 1991.
8. Теличенко В.И. Технология возведения зданий и сооружений: учебник для строит. вузов – М.: Высш. шк., 2004.
9. Технология возведения полносборных зданий: учебник. Под общей ред. А.А. Афанасьева. М.: Изд-во АСВ, 2000.
10. Король С.П. Организационное проектирование в строительстве: Учебно-методическое пособие / Кубан. гос. технол. ун-т – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2008. – 125 с.

Приложение А

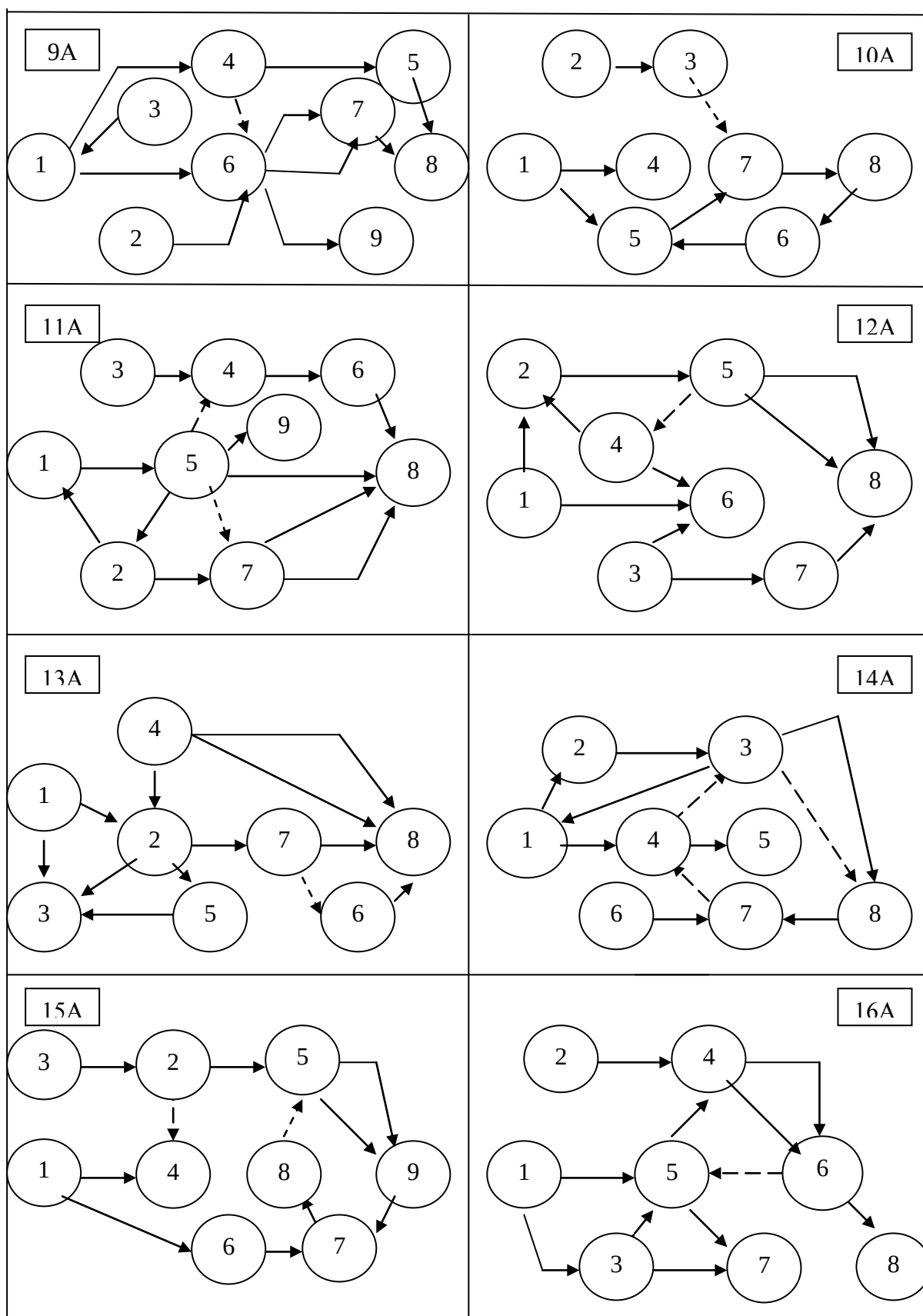
(обязательное)

Схемы сетевых моделей: исправить ошибки при построении



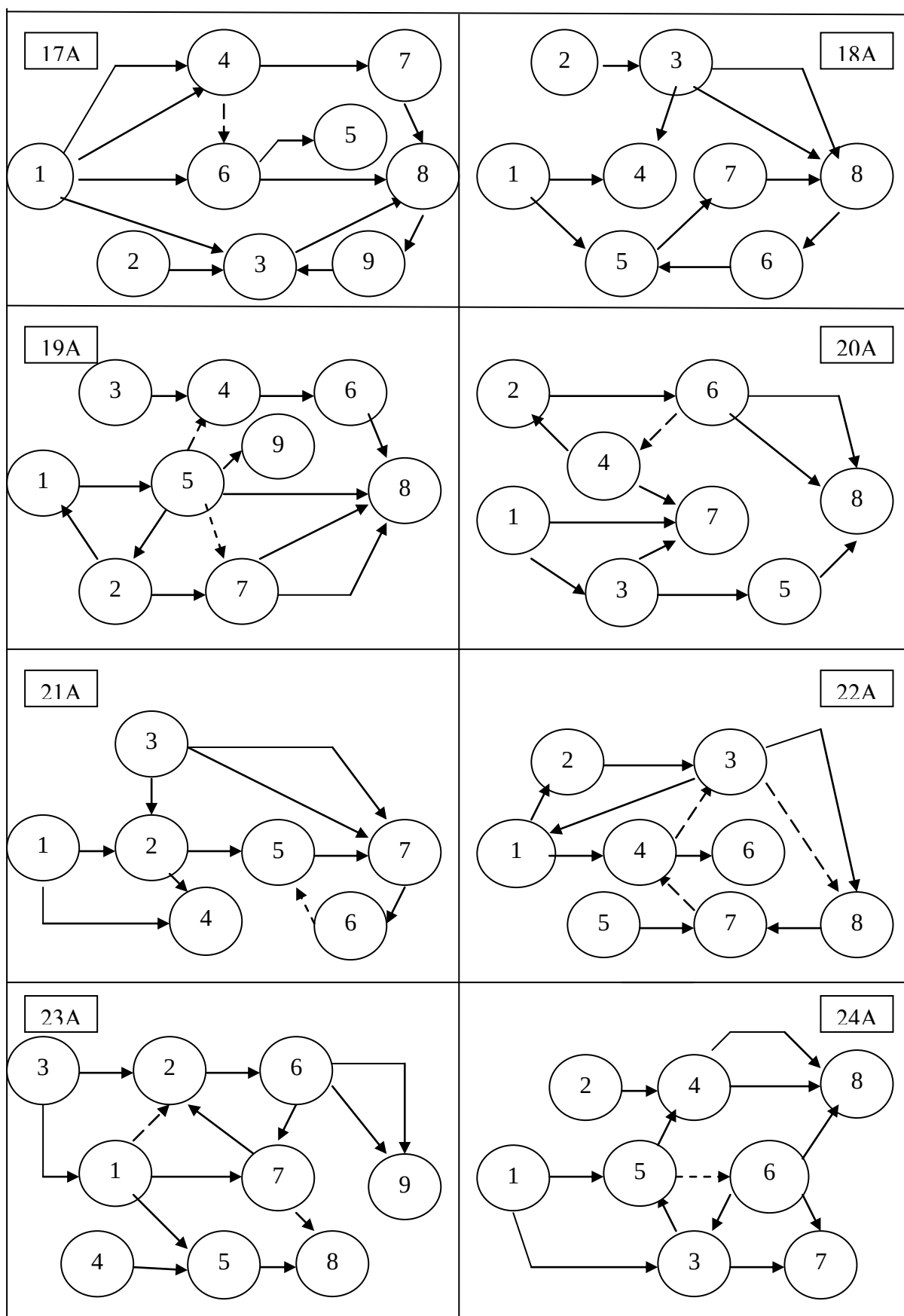
Продолжение приложения А

Схемы сетевых моделей: исправить ошибки при построении



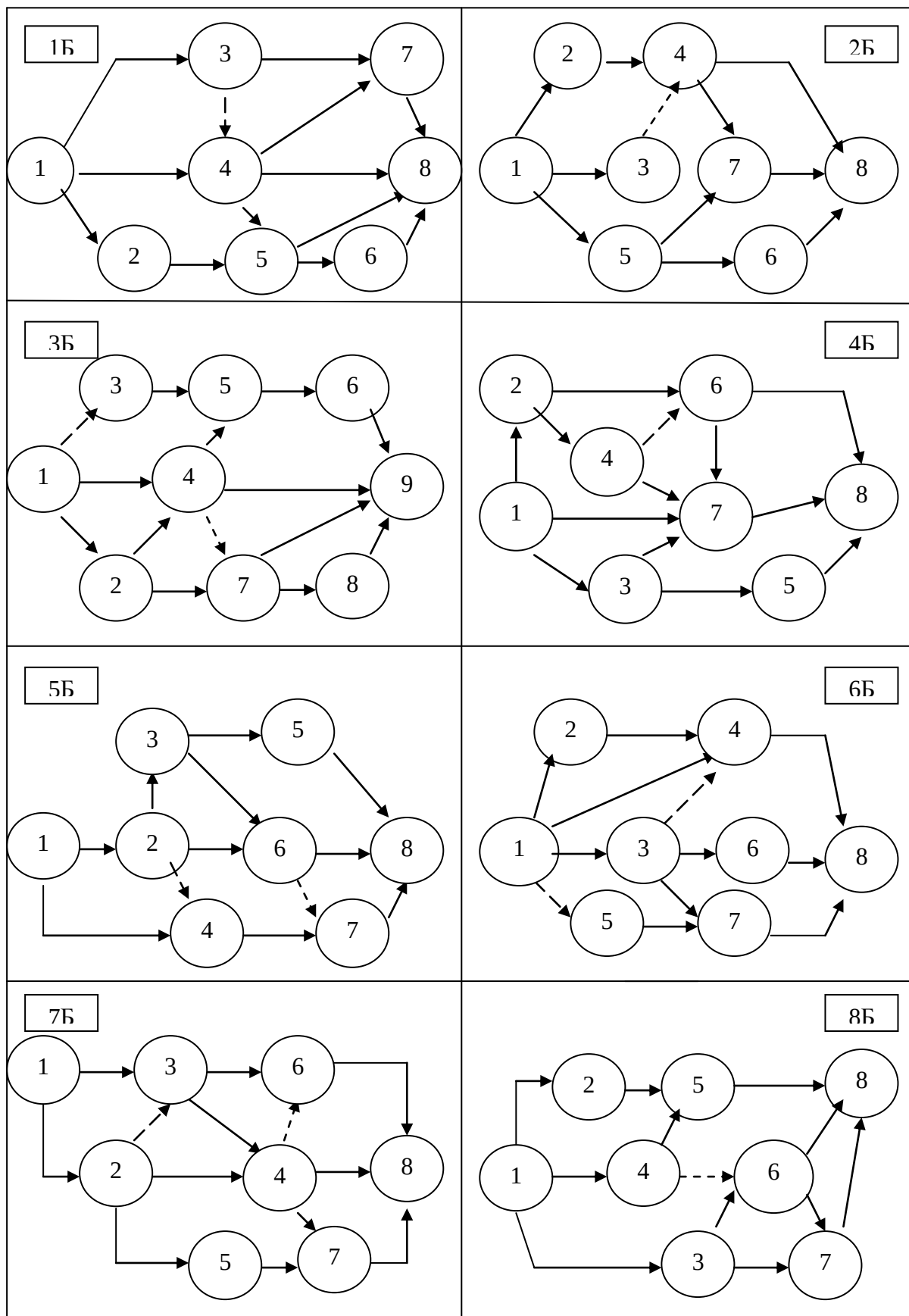
Продолжение приложения А

Схемы сетевых моделей: исправить ошибки при построении



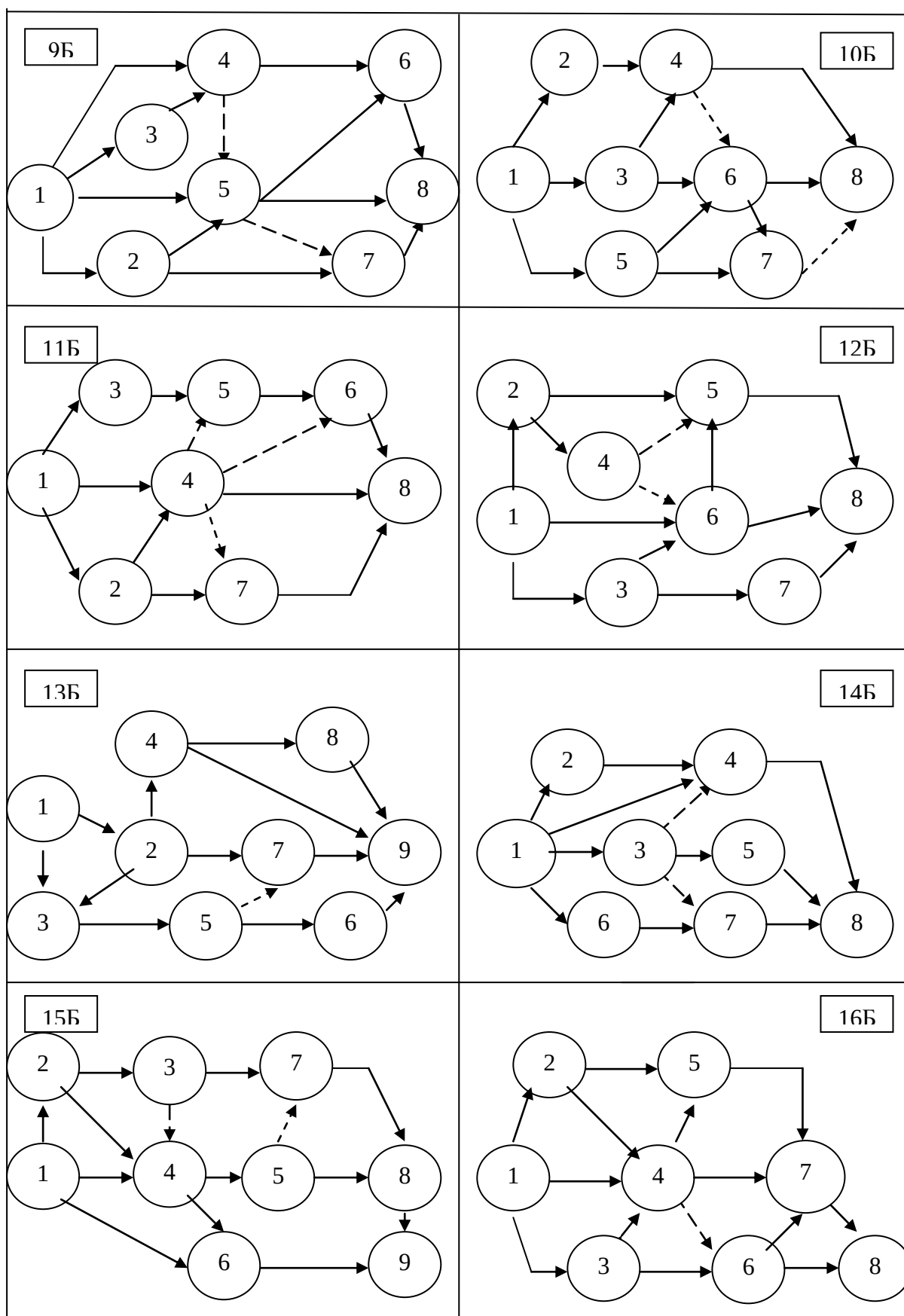
Приложение Б
(обязательное)

Схемы сетевых моделей для индивидуальных заданий



Продолжение приложения Б

Схемы сетевых моделей для индивидуальных заданий



Приложение В
(обязательное)

Таблица В.1 - Характеристики работ сетевых моделей

№ п/п	Код работы	Варианты				
		1	2	3	4	5
1	1-2	3-I-4	4-II-3	2-I-2	3-I-3	5-I-4
2	1-3	6-I-3	3-II-5	4-II-3	5-II-4	2-I-5
3	1-4	4-I-5	2-II-3	3-I-6	2-I-4	4-II-3
4	1-5	2-II-3	5-I-3	5-I-4	4-I-4	3-II-3
5	1-6	4-I-3	4-II-4	3-II-4	2-I-3	4-I-4
6	2-3	5-I-4	3-I-4	4-I-3	6-II-3	2-II-4
7	2-4	6-I-4	5-II-3	6-II-3	4-I-3	6-I-4
8	2-5	4-II-3	3-II-3	4-I-6	3-II-4	5-I-3
9	2-6	6-I-5	6-II-3	5-II-2	4-I-2	3-I-6
10	2-7	7-I-4	4-II-2	6-I-4	5-I-2	3-II-4
11	3-4	4-I-6	6-II-4	7-I-3	6-II-4	6-I-5
12	3-5	5-II-4	4-I-5	6-I-5	7-I-4	5-I-5
13	3-6	6-I-4	6-II-3	4-II-4	4-I-6	5-II-3
14	3-7	3-II-4	5-I-2	7-I-3	5-I-3	4-I-5
15	4-5	8-I-4	7-II-3	5-II-4	6-II-4	6-I-6
16	4-6	7-II-3	5-II-4	6-II-3	7-II-2	5-I-4
17	4-7	6-II-5	4-I-8	8-I-4	7-I-3	6-II-4
18	4-8	4-II-4	5-II-3	6-I-7	8-II-4	7-II-4
19	4-9	8-I-5	7-II-7	5-I-4	4-II-3	6-I-7
20	5-6	5-II-4	6-II-5	7-II-4	6-II-5	4-II-4
21	5-7	7-I-5	4-II-5	6-I-7	8-I-5	3-I-6
22	5-8	4-II-3	5-II-3	3-II-3	7-I-4	8-I-5
23	6-7	6-II-3	7-I-5	5-II-3	6-I-7	4-I-6
24	6-8	8-I-3	6-II-4	7-I-6	5-I-6	7-I-4
25	6-9	5-II-4	7-II-4	8-I-5	4-II-4	6-I-5
26	7-8	6-II-2	5-II-3	4-II-5	7-I-6	8-II-3
27	7-9	4-II-2	8-II-3	7-II-3	6-I-7	5-II-5
28	8-9	7-I-3	5-I-3	6-I-4	5-I-6	8-I-3

Примечание.

1. Характеристики работ (6-II-5) показывают: продолжительность, дн. - количество смен работы – количество рабочих в смене.
2. Из таблицы В.1 выбираются характеристики только для работ, которые соответствуют сетевым моделям индивидуального задания студента.
3. Для работ, показанных в сетевых моделях пунктирной стрелкой (связь, зависимость или фиктивная работа), принимается продолжительность работы, равной 0.

Приложение Г
(рекомендуемое)
Методический пример выполнения раздела I «Сетевое моделирование.
Оптимизационные задачи»

Раздел I Сетевое моделирование. Оптимизационные задачи

	№ стр.
1. Анализ схемы, установление ошибок при построении модели и исправление их, правильное кодирование событий и работ сетевой модели	
2. Расчет сетевого графика по заданным характеристикам работ	
2.1 Расчет сетевого графика табличным методом	
2.2 Расчет сетевого графика графическим методом	
3. Построение сетевого графика в масштабе времени	
4. Построение линейной диаграммы и привязка ее к календарю	
5. Построение графика движения рабочих	
6. Оптимизация графика движения рабочих по критерию неравномерности движения	
7. Расчет коэффициентов неравномерности движения рабочих до и после оптимизации	

1. Анализ схемы, установление ошибок при построении модели и исправление их, правильное кодирование событий и работ сетевой модели

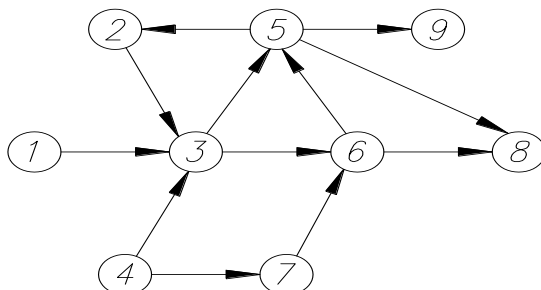


Рисунок 1.1

а) в событиях 2 и 4 отсутствуют предшествующие работы («хвост»), работа 5-9 не имеет последующих работ («тупик»), события 2-3-5-2 образуют замкнутый контур («цикл»):

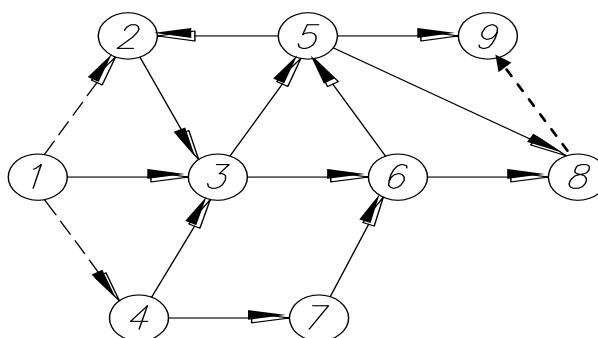


Рисунок 1.2

б) исправленная модель сетевого графика и кодирования работ имеют следующий вид:

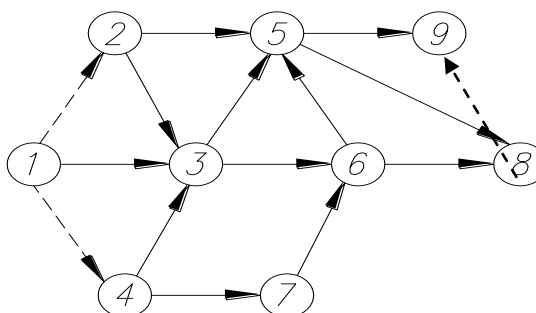


Рисунок 1.3

2. Расчет сетевого графика по заданным характеристикам работ

2.1 Расчет сетевого графика табличным методом

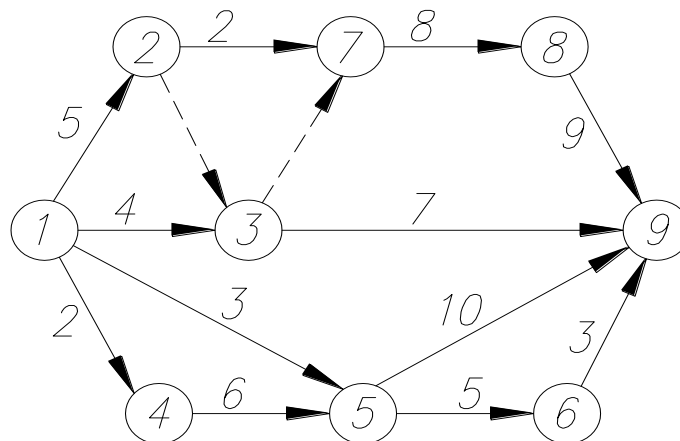


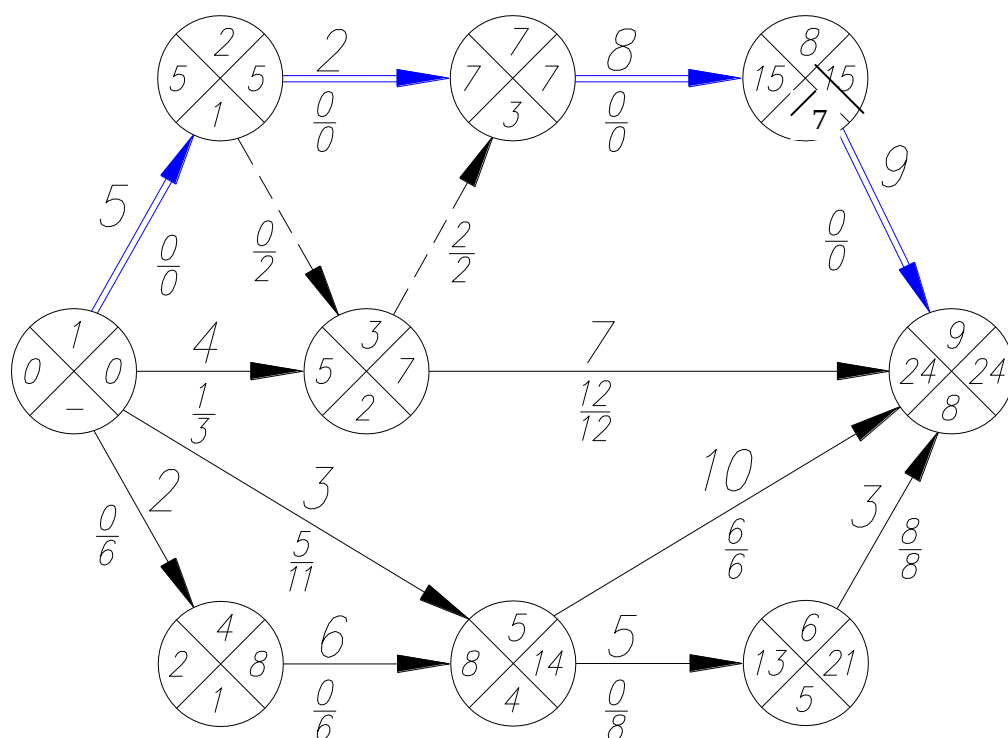
Рисунок 2.1 – сетевой график

Таблица 2.1 - Таблица расчёта сетевого графика

Код начальных событий предшествующих работ, h	Код работы, i-j	Продолжительность работы, t i-j	СРОКИ РАБОТЫ				Резервы работ		Отметка критического пути
			РАННИЕ		ПОЗДНИЕ		Полный резерв времени	Свободный резерв времени	
			Начало работ	Окончание работ	Начало работ	Окончание работ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	1-2	5	0	5	0	5	0	0	+
-	1-3	4	0	4	3	7	3	1	-
-	1-4	2	0	2	6	8	6	0	-
-	1-5	3	0	3	11	14	11	5	-
1	2-3	0	5	5	7	7	2	0	-
1	2-7	2	5	7	5	7	0	0	+
1,2	3-7	0	5	5	7	7	2	2	-
1,2	3-9	7	5	12	17	24	12	12	-
1	4-5	6	2	8	8	14	6	0	-
1,4	5-6	5	8	13	16	21	8	0	-
1,4	5-9	10	8	18	14	24	6	6	-
5	6-9	3	13	16	21	24	8	8	-
2,3	7-8	8	7	15	7	15	0	0	+
7	8-9	9	15	24	15	24	0	0	+
T _{кд} = 24									

Лист

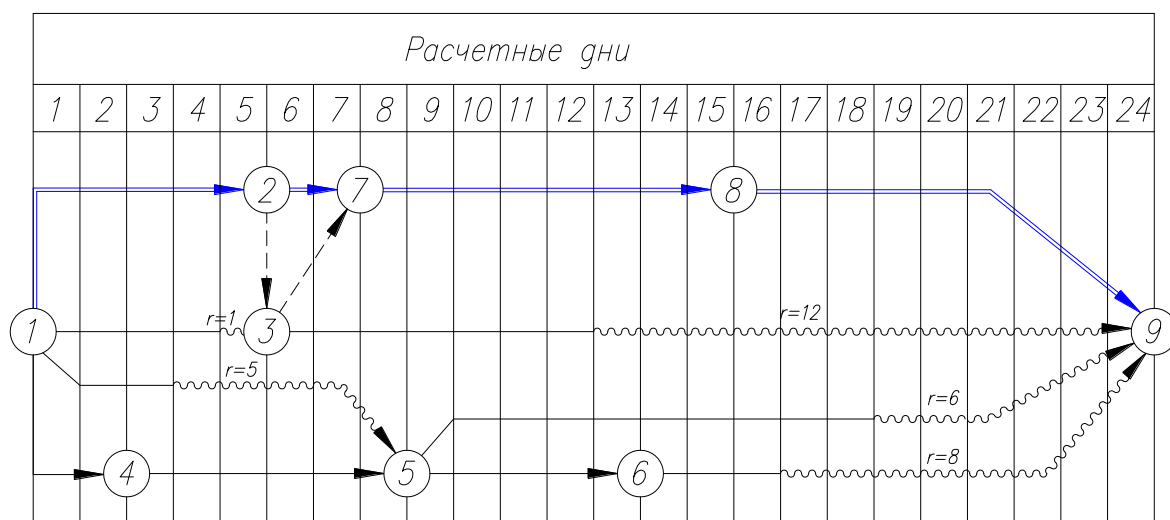
2.2 Расчет сетевого графика графическим методом



- $\begin{array}{c} 0 \\ \diagup \quad \diagdown \\ 0 \end{array}$ — Номер события
 $\begin{array}{c} 0 \\ \diagup \quad \diagdown \\ 0 \end{array}$ — Поздний срок окончания работы "А", T_A^{no}
 $\begin{array}{c} 0 \\ \diagup \quad \diagdown \\ 0 \end{array}$ — Номер предшествующего события
 $\begin{array}{c} 0 \\ \diagup \quad \diagdown \\ 0 \end{array}$ — Ранний срок начала работы "Б", T_B^{pn}
 $\frac{0}{0}$ — Свободный резерв времени, r
 $\frac{0}{0}$ — Полный резерв времени, R

Рисунок 2.1 - Расчет сетевого графика графическим методом

3. Построение сетевого графика в масштабе времени



Условные обозначения:

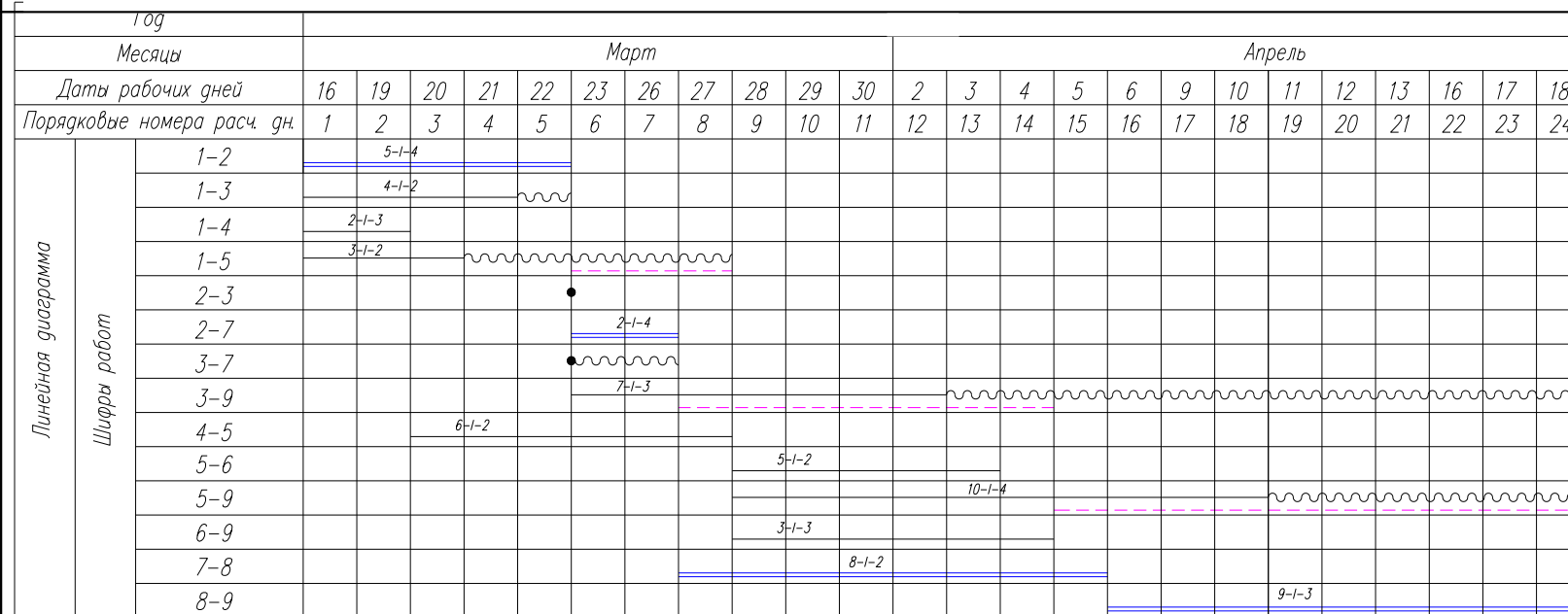
- — продолжительность работы критического пути
- — — — — продолжительность не критических работ
- ~~~~~ — свободный резерв времени

Рисунок 3.1 - Сетевой график в масштабе времени

Продолжение приложения Г

4. Построение линейной диаграммы и привязка ее к календарю

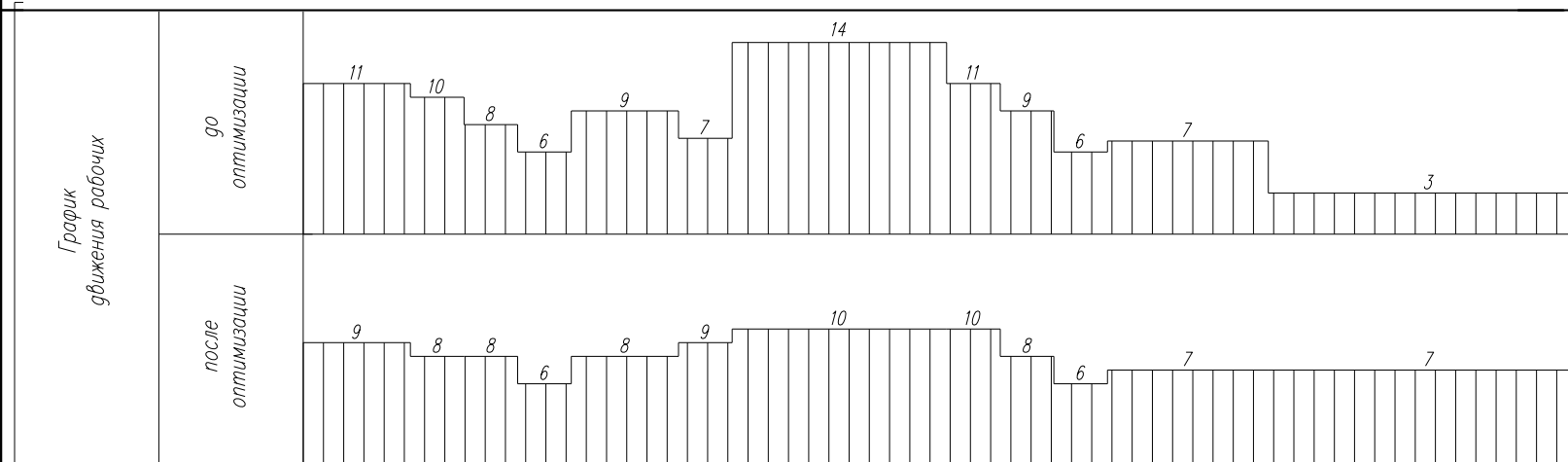
Условные обозначения:



- - работы критического пути
- - не критические работы
- ~~~~~ - свободный резерв времени
- - - - положение работы после оптимизации

5. Построение графика движения рабочих

6. Оптимизация графика движения рабочих



6. Рассчитать K' и K'' – коэффициенты
неравномерности движения людских ресурсов до и
после оптимизации.

В качестве характеристики сетевого графика используется коэффициент неравномерности движения рабочих K , показывающий отношение среднесписочного состава рабочих в сутки $N_{cp(сут)}$ к максимальному числу рабочих в сутки $N_{max(сут)}$:

$$Q' = 11 \times 2 + 10 \times 1 + 8 \times 1 + 6 \times 1 + 9 \times 2 + 7 \times 1 + 14 \times 4 + 11 \times 1 + 9 \times 1 + 6 \times 1 + 7 \times 3 + 3 \times 6 = 192 \text{ чел.дн.}$$

где Q - трудоемкость всех работ в чел.-дн.

$$N_{cp} = \frac{Q}{T_{кр}} = \frac{192}{24} = 8 \text{ чел.}$$

где $T_{кр}$ - продолжительность критического пути в сут.

Коэффициент неравномерности движения рабочих K определяется по формуле:

$$K' = \frac{N_{cp}}{N_{max}} = \frac{8}{14} = 0,6 - 0,9;$$

$$Q'' = 9 \times 2 + 8 \times 2 + 6 \times 1 + 8 \times 2 + 9 \times 1 + 10 \times 4 + 10 \times 1 + 8 \times 1 + 6 \times 1 + 7 \times 3 + 7 \times 6 = 192 \text{ чел.дн.}$$

$$K'' = \frac{N_{cp}}{N_{max}} = \frac{8}{10} = 0,9.$$

Приложение Д (обязательное)

Таблица Д.1 — Индивидуальные задания*

Наименование показателей	В А Р И А Н Т Ы																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Приложение А: схема А	1А	2А	3А	4А	5А	6А	7А	8А	9А	10А	11А	12А	13А	14А	15А	16А	17А	18А	19А	20А
Приложение Б: схема Б	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	10А	11Б	12Б	13Б	14Б	15Б	16Б	1Б	2Б	3Б	4Б
Приложение В: варианты	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Приложение Е: варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Продолжение таблицы Д.1 — Индивидуальные задания

Наименование показателей	В А Р И А Н Т Ы																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Приложение А: схема А	21А	22А	23А	24А	1А	2А	3А	4А	5А	6А	7А	8А	9А	10А	11А	12А	13А	14А	15А	16А
Приложение Б: схема Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	10Б	11Б	12Б	13Б	14Б	15Б	16Б	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б
Приложение В: варианты	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Приложение Е: варианты	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Продолжение таблицы Д.1 — Индивидуальные задания

Наименование показателей	В А Р И А Н Т Ы																			
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Приложение А: схема А	17А	18А	19А	20А	21А	22А	23А	24А	1А	2А	3А	4А	5А	6А	7А	8А	9А	10А	11А	12А
Приложение Б: схема Б	9Б	10Б	11Б	12Б	13Б	14Б	15Б	16Б	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	10Б	11Б	12Б
Приложение В: варианты	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Приложение Е: варианты	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

48

Продолжение таблицы Д.1 — Индивидуальные задания

Наименование показателей	В А Р И А Н Т Ы																			
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Приложение А: схема А	13А	14А	15А	16А	17А	18А	19А	20А	21А	22А	23А	24А	1А	2А	3А	4А	5А	6А	7А	8А
Приложение Б: схема Б	13Б	14Б	15Б	16Б	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	10Б	11Б	12Б	13Б	14Б	15Б	16Б
Приложение В: варианты	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Приложение Е: варианты	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Приложение Ж
(рекомендуемое)

КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологии, организации, экономики строительства и управления
недвижимостью

ОТЧЕТ
по практическим занятиям

по дисциплине «Организация, управление и планирование в строительстве»

На тему: _____
(тема индивидуального задания)

Выполнил (а) студент (ка) группы _____
(фамилия, имя, отчество)

Допущен к защите

Руководитель _____
(подпись) (дата, , расшифровка подписи)

Защищен _____
(подпись) (дата, расшифровка подписи)

Оценка _____

Краснодар 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение отчета по практическим занятиям по дисциплине
«Организация, управление и планирование в строительстве»

Студенту _____ группы _____ курса
Факультета _____
Специальности _____
Тов. _____
(ф. и. о., шифр зачетной книжки)
Номер варианта индивидуального задания (приложение Д) _____

Исходные данные: см. Методические указания «Календарное планирование.
Сетевые графики и оптимизационные задачи» (приложение А, Б, В)

Содержание отчета: см. Методические указания «Календарное планирование.
Сетевые графики и оптимизационные задачи», раздел I «Сетевое
моделирование. Оптимизационные задачи» с. 30

Объем работы:
текст и графические материалы _____ 15-20 с

Рекомендуемая литература: нормативная и справочная литература,
методические указания кафедры, компьютерные программы

Срок выполнения задания: с «___» _____ по «___» 20__ г.
Срок защиты: «___» _____ «___» 20__ г.
Дата выдачи задания: «___» _____ «___» 20__ г.

Задание выдал _____ / _____
(подпись) (ф. и. о., уч. степень)
Задание принял студент _____
(подпись) (дата)

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ.
СЕТЕВЫЕ ГРАФИКИ И ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Составители: Король Светлана Павловна
Пархоменко Владимир Алексеевич

Редакторы: Л.В. Троицкая, Т.П. Горшкова
Компьютерная верстка С.П. Король

Подписано в печать	. 2009 г	Формат 60x84/16
Бумага офсетная		Офсетная печать
Печ. л.		Изд. №
Усл. печ. л.		Тираж 120 экз.
Уч.- изд. л.		Заказ №

Цена руб.

Кубанский государственный технологический университет
350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, кор. А

Типография КубГТУ: 350058, г. Краснодар, ул. Старокубанская, 88/4