

3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ И ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

3.1. Обозначение параметров сетевого графика

- i - начальное событие рассматриваемой работы;
- j - конечное событие рассматриваемой работы;
- (ij) - рассматриваемая работа;
- h - предшествующее событие;
- (hi) - предшествующая работа;
- k - последующее событие;
- (jk) - последующая работа;
- L - путь;
- $L_{кр}$ - критический путь;
- t_L - продолжительность пути;
- $T_{кр}$ - продолжительность критического пути;
- $T_{дир}$ - директивный срок;
- t_{ij} - продолжительность рассматриваемой работы (t_{ij});
- T_i^p - ранний срок наступления события i ;
- T_i^n - поздний срок наступления события i ;
- t_{ij}^{pn} - ранний срок начала работы (ij) ;
- t_{ij}^{po} - ранний срок окончания работы (ij) ;
- t_{ij}^{nn} - поздний срок начала работы (ij) ;
- t_{ij}^{no} - поздний срок окончания работы (ij) ;
- R_L - резерв времени пути;
- $K_{ш}$ - резерв времени события i ;
- r_{ij}^n - полный резерв времени работы (ij) ;
- $r_{ij}^{св}$ - свободный резерв времени работы (ij) .

3.2. Определение временных параметров сетевого графика

Каждая работа сетевого графика имеет временную оценку – продолжительность. Продолжительность работы задается и измеряется количественно в единицах времени (часах, днях, неделях, месяцах и т.д.) На сетевом графике продолжительность работы указывается над стрелкой, а ее наименование (содержание) – под стрелкой. Работы и пути разной продолжительности в сетевом графике образуют условия для ранних и поздних сроков наступления событий и сами характеризуются ранними и поздними сроками начала и окончания, сопоставление которых позволяет рассчитать резервы времени и провести анализ временных параметров графика.

Основными временными параметрами сетевого графика являются ранние и поздние сроки наступления событий, на основании которых вычисляются все остальные параметры сети: сроки начала и окончания работ, резервы времени событий и работ.

Ранний срок наступления события – минимальный из возможных моментов его наступления при заданных продолжительностях работ. Он равен продолжительности максимального пути от исходного события до рассматриваемого:

$$T_i^p = \max\{t[L(0, i)]\}. \quad (3.1)$$

Поздний срок наступления события – максимальный из допустимых его моментов, при котором продолжительность критического пути или директивный срок (если задан) не изменяется. Он равен разности между продолжительностями критического пути и максимального от рассматриваемого события до завершающего:

$$T_i^n = T_{kp} - \max\{t[L(j, n)]\}. \quad (3.2)$$

Для событий, принадлежащих критическому пути, $T_i^p = T_i^n$.

Для событий, не лежащих на критическом пути, справедливо неравенство $T_i^n > T_i^p$.

Разность между поздним и ранним сроками наступления события есть резерв времени события:

$$R_i = T_i^n - T_i^p. \quad (3.3)$$

Резерв времени наступления события определяет максимально допустимую задержку выполнения всех работ, входящих в рассматриваемое событие.

Ранний срок начала работы – минимальный из возможных моментов начала рассматриваемой работы. Он равен раннему сроку наступления начального события рассматриваемой работы, т.е. продолжительности максимального пути от исходного события до рассматриваемого:

$$t_{ij}^{pn} = T_i^p = \max\{t[L(0, i)]\}. \quad (3.4)$$

Ранний срок окончания работы – минимальный из возможных моментов окончания данной работы. Он равен сумме раннего срока начала и продолжительности рассматриваемой работы:

$$t_{ij}^{po} = t_{ij}^{pn} + t_{ij}. \quad (3.5)$$

Поздний срок окончания работы – максимальный из допустимых моментов окончания работы, при котором продолжительность критического пути или директивный срок (если задан) не изменится. Он равен позднему сроку наступления конечного события рассматриваемой работы, т.е. разности между продолжительностями критического пути и максимального от конечного события рассматриваемой работы до завершающего:

$$t_{ij}^{no} = T_i^n = T_{kp} - \max\{t[L(j, k)]\}. \quad (3.6)$$

Поздний срок окончания завершающих работ сетевого графика равен позднему сроку наступления завершающего события, т.е. продолжительности критического пути, если не задан директивный срок.

Поздний срок начала работы – максимальный из возможных моментов начала работы, при котором продолжительность критического пути не изменится.

$$t_{ij}^{nn} = t_{ij}^{no} - t_{ij}. \quad (3.7)$$

Для критического пути ранние и поздние сроки начала и окончания работ равны.

Работы, не лежащие на критическом пути, имеют резервы времени.

Полный резерв времени работы – максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность рассматриваемой работы или перенести ее начало без увеличения продолжительности критического пути. Он равен величине резерва времени максимального из путей, проходящих через рассматриваемую работу, т.е. разнице между продолжительностью критического пути и максимального, проходящего через рассматриваемую работу. Полный резерв времени работы определяется разными способами:

- разностью между поздним сроком наступления конечного события, ранним сроком наступления начального события и продолжительностью рассматриваемой работы:

$$r_{ij}^n = T_j^n - T_i^p - t_{ij}; \quad (3.8)$$

- разностью между поздним сроком начала последующей работы, ранним сроком начала рассматриваемой работы и продолжительностью самой работы:

$$r_{ij}^n = t_{jk}^{nn} - t_{ij}^{pn} - t_{ij}; \quad (3.9)$$

- разностью между поздним сроком окончания работы, ранним сроком начала работы и продолжительностью рассматриваемой работы:

$$r_{ij}^n = t_{ij}^{no} - t_{ij}^{pn} - t_{ij}; \quad (3.10)$$

- разностью между поздним и ранним сроками начала рассматриваемой работы:

$$r_{ij}^n = t_{ij}^{nn} - t_{ij}^{pn}; \quad (3.11)$$

- разностью между поздним и ранним сроками окончания рассматриваемой работы:

$$r_{ij}^n = t_{ij}^{no} - t_{ij}^{po}. \quad (3.12)$$

Полный резерв времени любой работы, лежащей на критическом пути, равен нулю, если директивный срок не задан, или равен разности между критическим временем и директивным сроком.

Свободный резерв времени работы – максимальное время, на которое можно увеличить продолжительность рассматриваемой работы или перенести ее начало без изменения ранних сроков начала последующих работ. Он создается, когда в событие входят две или больше работ, и выражает собой часть полного резерва времени работы, которая может быть использована для увеличения ее продолжительности без изменения свободных резервов времени остальных работ. Определяется свободный резерв времени работы разными способами:

- разностью между ранним сроком наступления конечного события, ранним сроком наступления начального события и продолжительностью рассматриваемой работы:

$$r_{ij}^{св} = T_j^p - T_i^p - t_{ij}; \quad (3.13)$$

- разностью между ранним сроком начала последующей работы, ранним сроком начала рассматриваемой работы и продолжительностью самой работы:

$$r_{ij}^{св} = t_{jk}^{pn} - t_{ij}^{pn} - t_{ij}; \quad (3.14)$$

- разностью между ранним сроком начала последующей работы и ранним сроком окончания рассматриваемой работы:

$$r_{ij}^{св} = t_{jk}^{pn} - t_{ij}^{po}. \quad (3.15)$$

Сумма свободных резервов времени всех работ рассматриваемого пути равна полному резерву времени этого пути.

3.3 Расчет временных параметров сетевого графика в табличной форме

Исходный сетевой график изображен на рис. 3.1.

Для расчета сетевого графика в табличной форме события работ должны кодироваться с соблюдением правила упорядочения нумерации, т.е. строго в порядке возрастания последующих событий. При этом номер начального события любой работы должен всегда оставаться меньше номера ее конечного события. Код (шифр) и продолжительности работ заносятся в таблицу. Сетевой график больше не используется – весь расчет временных характеристик сети осуществляется по таблице.

Таблица 3.1

Пример расчета сетевого графика в табличной форме по рис.3.1

Коды предшествующих событий	Код работ	Продолжительность работ	Ранние сроки		Поздние сроки		Резервы времени		Дата раннего срока начала и окончания работ
			начала работ	окончания работ	начала работ	окончания работ	полный	свободный	
-	1-2	2	0	2	9	11	9	0	20/V – 22/V
-	1-3	12	0	12	0	12	0	0	20/V – 2/VI
1	2-3	1	2	3	11	12	9	9	23/V – 23/V
1	2-4	1	2	3	19	20	17	17	23/V – 23/V
1,2	3-4	8	12	20	12	20	0	0	3/VI – 12/VI
1,2	3-5	7	12	19	17	24	5	1	3/VI – 10/VI
2,3	4-5	0	20	20	24	24	4	0	13/VI – 13/VI
2,3	4-6	10	20	30	20	30	0	0	13/VI – 23/VI
3,4	5-6	6	20	26	24	30	4	4	12/VI – 19/VI

В качестве примера выполним табличный расчет исходного сетевого графика.

Таблица расчета сетевого графика заполняется в следующем порядке. Сначала сверху вниз заполняются три первые графы таблицы, составляющие исходные данные графика: номера начальных событий предшествующих работ, код работ, продолжительность работ. Начинать следует с заполнения второй графы – кода работ в порядке возрастания номеров начальных собы-

тий работ. В тех случаях, когда несколько работ имеют одно общее начальное событие, они записываются в последовательности возрастания номеров конечных событий.

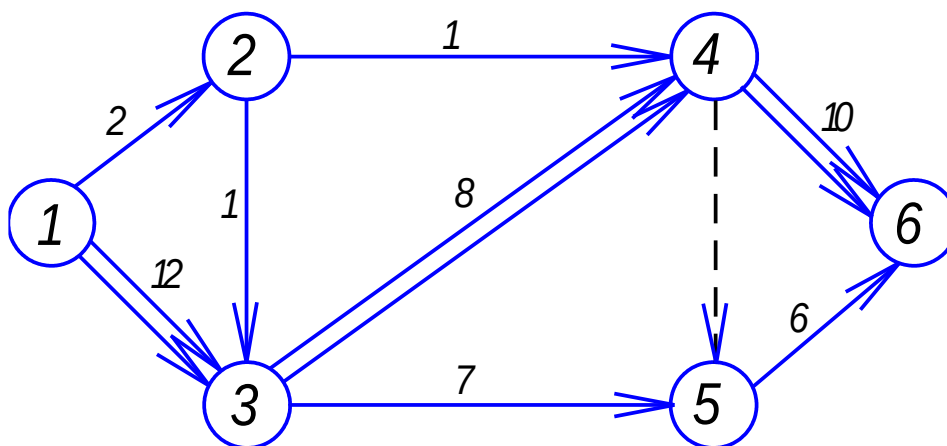


Рис. 3.1

В таблицу, кроме работ, обязательно заносятся и зависимости с нулевой продолжительностью.

Сначала в графе 2 записываются все работы, выходящие из исходного события в порядке возрастания номеров, а затем в графе 3 проставляются их продолжительности, в графе 1 – номера начальных событий предшествующих работ. Так как для работ, выходящих из исходного события сетевого графика, предшествующие работы отсутствуют, то против них в графе 1 ставятся прочерки. Закончив запись работ, выходящих из исходного события, переходят к работам, выходящим из второго события, и т.д. до конца.

Номера начальных событий предшествующих работ, записываемых в графе 1, отыскиваются по записанным кодам работ. Для этого смотрят на первую цифру кода рассматриваемой работы (первая колонка) и ищут эту цифру во второй колонке цифр кода работ по направлению снизу вверх от данной работы. Если искомая цифра встретилась только один раз, значит, данной работе предшествует только одна работа, и ее номер начального события проставляется в графе 1, если два раза, то две работы и их номера

начальных событий проставляются в графе 1 против рассматриваемой работы и т.д.

В нашем примере из исходного события выходят две работы: 1-2 продолжительностью 2 дня и 1-3 продолжительностью 12 дней. Записываем коды работ и их продолжительности соответственно в графы 2 и 3, а так как предшествующих им работ нет, то в графе 1 ставим прочерк. Из события 2 выходят две работы: 2-3 продолжительностью 1 день и 2-4 продолжительностью 1 день. Записываем коды этих работ и их продолжительности соответственно в графы 2 и 3. Затем рассматриваем работы, входящие в событие 2. Такой оказывается работа 1-2, так как только эта работа в графе 2 оканчивается цифрой 2. Номером начального события этой работы является 1, его и записываем в графе 1 против работ 2-3 и 2-4. Далее переходим к событию 3. Из него выходят работы 3-4 и 3-5 продолжительностями соответственно 8 и 7 дней. Записываем их в графы 2 и 3. В графе 2 в правой колонке цифр кода снизу вверх от рассматриваемых работ отмечаем, что цифра 3 встречается 2 раза, значит, работам 3-4 и 3-5 предшествуют две работы. Их номера начальных событий 1 и 2 проставляем в графе 1 против работ 3-4 и 3-5 и т.д.

После заполнения трех первых граф определяются сроки, а в графах 4 и 5 записываются ранние сроки начала и окончания работ. Рекомендуется обе графы заполнять одновременно, построчно, сверху вниз. Сначала проставляется ранний срок начала работ, выходящих из исходного события. Он равен нулю. Затем в графу 5 заносят и ранний срок окончания этих работ, равный сумме раннего срока начала и продолжительности работы согласно формуле (3.5).

Дальнейшее заполнение граф 4 и 5 основано на правиле, согласно которому максимальный ранний срок окончания одной из предшествующих работ является ранним сроком начала последующей работы, т.е.

$$t_{jk}^{pn} = \max t_{ij}^o. \quad (3.16)$$

Для того, чтобы проставить, например, ранний срок начала работы 2-3, находим в графе кодов, выше данной работы, такую предшествующую работу, которая оканчивалась бы на цифру 2, т.е. на первую цифру кода рассматриваемой работы. В данном случае это будет работа 1-2. Затем из графы 5 берем ее ранний срок окончания, равный 2, и проставляем в графе 4 против работы 2-3 и соответственно против работы 2-4, так как они являются следующими за работой 1-2.

Рассмотрим другую работу – 3-4. Среди предшествующих работ, оканчивающихся на цифру 3, есть две работы (1-3 и 2-3), ранние сроки окончания которых соответственно равны 12 и 3. Следовательно, в качестве раннего начала работы 3-4 принимаем наибольшее значение, т.е. 12, его и проставляем в графе 4 против работы 3-4. Одновременно проставляем и раннее окончание работы 3-4 как сумму раннего срока начала и продолжительности самой работы: $12+8=20$. Таким способом определяются ранние сроки начала и окончания для всех работ сетевого графика.

Заполнив сверху вниз графы 4 и 5, находят максимальный из ранних сроков окончания завершающих работ, который и определяет продолжительность критического пути.

В рассматриваемом примере $T_{кр}=30$ дням.

Теперь переходят к определению поздних сроков начала и окончания работ в обратном порядке, снизу вверх (табл. 3.1, графы 6, 7). Прежде всего в графе 7 записываются поздние сроки окончания завершающих работ (в нашем примере 4-6 и 5-6), для которых они равны продолжительности критического пути, т.е. 30 дням.

Затем определяются и записываются в графе 6 поздние сроки начала завершающих работ как разность позднего срока окончания и продолжительности каждой из них согласно формуле (3.7), т.е. для работ 4-6 и 5-6 поздние сроки начала работ будут равны соответственно $30-6=24$ и $30-10=20$.

Далее находят поздний срок окончания очередной вышележащей работы, учитывая, что для сложного события, из которого выходит несколько ра-

бот, поздний срок окончания предшествующих работ равен меньшему из поздних сроков начала рассматриваемых работ. Очередными вышележащими работами после завершающей 5-6, имеющими общее событие 5, являются работы 3-5 и 4-5. Против них в графе 7 проставляем их поздний срок окончания, равный 24, и аналогично предыдущему получаем поздний срок начала этих работ, равный соответственно 24 и 17.

Далее очередными вышележащими работами после завершающей 4-6, имеющими общее событие 4, являются работы 2-4 и 3-4. Здесь следует обратить внимание на то, что событие 4 является сложным, из него выходит еще и фиктивная работа 4-5, поэтому для работ 2-4 и 3-4 следует принимать в качестве позднего срока окончания меньший из поздних сроков начала работ 4-5 и 4-6, равный 20.

Аналогично рассматриваются все оставшиеся работы, и результаты заносятся в графы 6 и 7.

Далее определяются резервы времени. Полный резерв времени, равный, согласно формулам (3.11) и (3.12), разности поздних и ранних сроков начала или окончания работ, определяется в таблице как разность между данными граф 6 и 4 или граф 7 и 5 и заносится в графу 8.

Свободный резерв времени, равный, согласно формуле (3.15), разности между ранним сроком начала последующей работы и ранним сроком окончания рассматриваемой, по таблице определяется следующим образом: среди последующих работ в графе 2 находят любую работу, у которой начальное событие (первая цифра в колонке графы 2 совпадает с конечным событием (второй цифрой в колонке графы 2) рассматриваемой работы. В графе 4 находят ранний срок начала последующей работы и из него вычитают найденный в графе 5 ранний срок окончания рассматриваемой работы; результат проставляется в графе 9 против рассматриваемой работы. В нашем случае, например, при определении свободного резерва времени работы 2-3 среди последующих работ, начинающихся с общего события 3, имеются работы 3-4 и 3-5. Для них ранний срок начала равен 12, а ранний срок оконча-

ния работы 2-3 равен 3. Следовательно, свободный резерв времени для этой работы будет равен $12-3=9$ дням. Расчет можно вести и пользуясь работой 3-5, так как у нее ранний срок начала одинаков с ранним сроком начала работы 3-4.

Свободный резерв времени завершающих работ сети определяется в таблице как разность между продолжительностью критического пути и Ранним сроком окончания рассматриваемой работы. В нашем примере завершающими работами являются 4-6 и 5-6. Для них свободный резерв времени равен соответственно $30-30=0$ и $30-26=4$.

Нулевое значение полных и свободных резервов времени подтверждают справедливость найденных ранее критических работ. Необходимо подчеркнуть критические работы и обвести критический путь на сетевом графике. Должна получиться непрерывная последовательность работ.

Теперь в таблице проставляем календарные даты. Во избежание путаницы при определении дат рекомендуется предварительно построить две шкалы времени – одну под другой – календарную линейку. На одной из них следует проставить рабочие дни с порядковыми номерами, а на другой – календарные дни месяцев за вычетом выходных и праздничных дней.

Зная расчетное время (порядковое по табл. 3.1), нетрудно определить и даты раннего начала и окончания работ и записать их в графу 10.

Допустим, раннее начало работ по таблице сетевого графика принято 0-й день. По календарной линейке (порядковые даты) это соответствует первому рабочему дню, т. е. календарной датой будет 20 мая. Порядковое окончание работы 1-2 равно 2, следовательно это соответствует календарной дате 22 мая. Дата окончания берется день в день.

Для работы 2-4 порядковое начало – 2-й день. Это соответствует календарной дате 23 мая. То есть начало работы берется на следующий день, так как в этот день уже закончилась предыдущая по коду работа.

Полное завершение программы работ произойдет 23 июня.

Месяцы																													
Май											Июнь																		
Календарные дни																													
20	22	23	24	25	26	27	29	30	31	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23
Порядковые дни																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

3.4. Задание для выполнения работы «Расчет сетевого графика в табличной форме»

По исходной сетевой модели (рис.3.2) требуется определить ранние и поздние характеристики работ, критический путь, полные и свободные резервы времени работ, установить даты раннего срока начала и окончания работ, исходя из заданных продолжительностей работ (табл. 3.2).

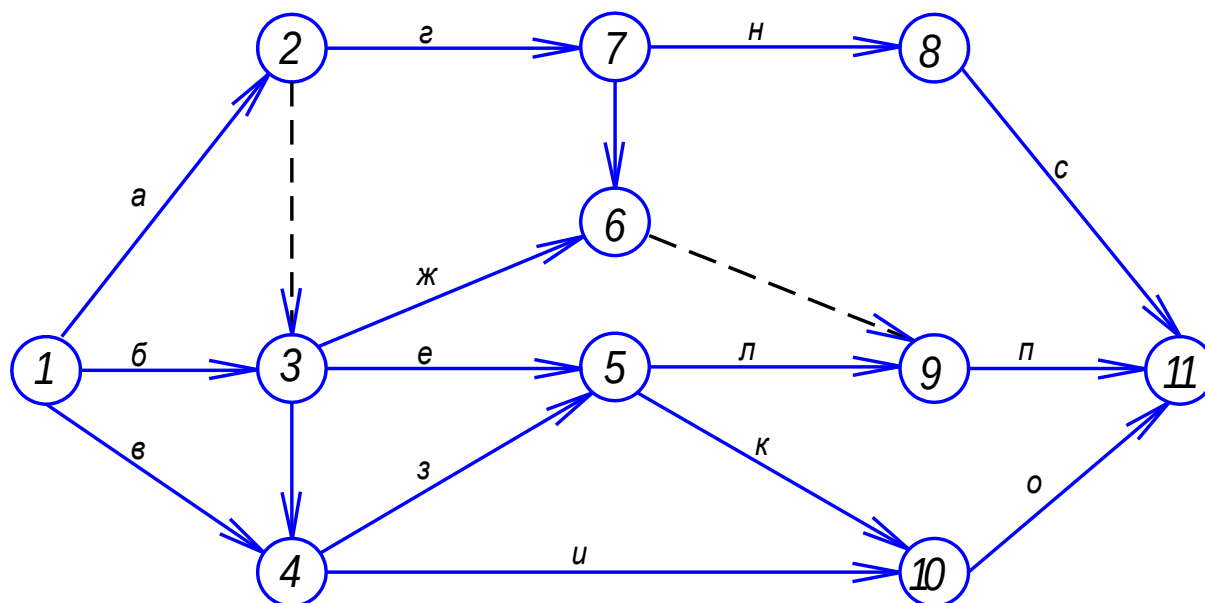


Рис. 3.2

Расчет характеристик сети производится по форме табл. 3.1.

Последовательность выполнения работы:

1. Строится сетевая модель (рис. 3.2).
2. Проставляются над стрелками сетевой модели продолжительности работ, т.е. сетевая модель преобразуется в сетевой график.
3. Заготавливается форма расчетной таблицы (табл. 3.1) и с графика в таблицу переносятся исходные данные.
4. Определяются сроки раннего начала и окончания работ.
5. Устанавливается продолжительность критического пути.
6. Определяются сроки позднего окончания и начала работ.

7. Определяются работы критического пути, которые выделяются на сетевом графике.
8. Рассчитываются полные резервы времени работ.
9. Рассчитываются свободные резервы времени работ.
10. Устанавливаются даты раннего срока начала и окончания работ.

Таблица 3.2

Исходные данные по вариантам

Номера вариан- тов	Продолжительность работ															
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л	м	н	о	п	с
1	8	2	9	17	30	7	5	10	4	4	13	20	17	1	12	1
2	4	1	2	17	5	13	2	15	19	4	21	4	17	17	2	6
3	6	5	9	14	19	3	14	7	21	3	11	10	14	14	1	20
4	3	10	12	17	11	30	40	11	23	9	16	15	17	13	12	8
5	3	7	11	12	19	25	24	10	1	7	14	18	12	10	11	9
6	8	3	6	9	6	12	10	1	8	11	15	9	9	30	9	7
7	10	9	11	35	19	13	14	12	31	13	20	15	35	40	8	10
8	5	2	1	18	17	7	20	13	16	10	9	9	18	31	40	27
9	19	10	23	10	35	30	8	21	11	12	11	20	10	19	17	9
10	20	16	31	17	19	9	10	45	8	1	20	1	17	9	40	37
11	18	13	20	16	14	12	21	11	15	14	17	13	16	19	19	16
12	10	10	12	17	14	10	20	11	18	18	16	19	17	11	23	15
13	8	9	9	12	15	9	13	8	14	9	11	11	12	12	13	14
14	3	8	2	50	6	4	1	5	8	8	25	7	50	5	11	16
15	4	6	14	19	8	5	7	18	9	10	20	15	19	3	7	8
16	3	11	5	12	5	14	2	2	3	12	4	21	12	7	17	8
17	4	12	2	2	12	10	11	1	13	13	6	11	2	3	5	9
18	2	14	3	16	7	1	10	11	7	9	8	12	16	4	11	3
19	3	15	4	6	4	4	5	10	5	20	6	2	6	7	9	10
20	7	1	6	13	9	3	5	11	11	19	14	8	13	4	6	7
21	16	3	12	11	9	3	4	2	7	4	10	5	11	7	3	5
22	4	8	3	13	14	4	5	3	10	4	9	15	13	7	10	7
23	15	10	7	30	13	16	7	11	21	2	11	12	30	10	5	18
24	4	20	10	7	9	18	9	15	20	5	13	15	7	19	7	15
25	21	13	11	20	9	14	15	16	11	8	14	20	20	13	4	6
26	2	9	9	20	23	11	16	12	31	6	12	7	20	9	14	5

3.5 Алгоритм расчета временных характеристик сети на сетевом графике

Расчет сети непосредственно на графике является самым простым и быстрым из ручных способов. Однако после нескольких пересчетов в процессе корректировки графика график выходит из строя, возникает необходимость изготовления дополнительных экземпляров сетевой модели. При этом способе кружок-событие делится на четыре сектора (рис.3.3).

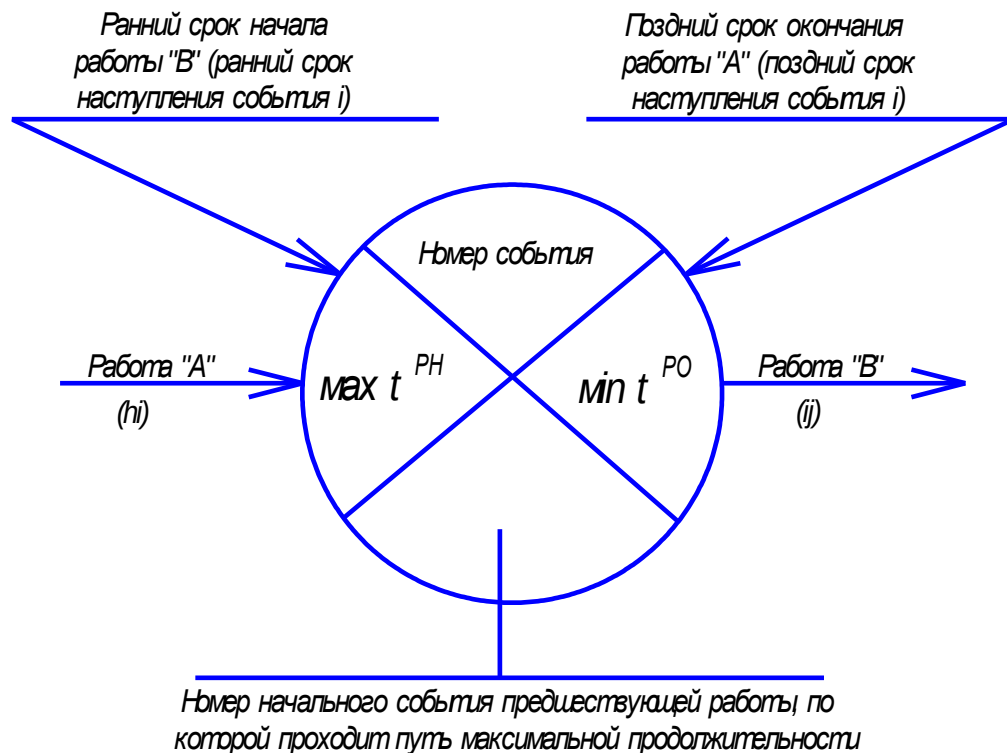


Рис. 3.3 Разбивка события сетевого графика

Порядок расчета на графике аналогичен изложенному алгоритму расчета в табличной форме, но параметры работ определяются по нескольким видоизмененным формулам.

Первоначально определяются ранние сроки начала работ слева направо, т.е. от исходного к завершающему событию сетевого графика, и заполняются только левые сектора событий. В левый сектор исходного события записывается нуль, в нижний – то же, так как у исходного события нет предшествующих событий.

Ранний срок начала последующих работ, выходящих из рассматриваемого события, равен максимальной величине из сумм ранних сроков начал и продолжительностей предшествующих работ:

$$t_{ij}^{ph} = \max(t_{hi}^{ph} + t_{hi}). \quad (3.17)$$

Проведем это на рассмотренном ранее сетевом графике (рис. 3.4). В левый сектор исходного события 1 ставим нуль, в нижний – то же. В левый сектор события 2 записываем 2, так как по определению $0+2=2$, в нижний – 1 (номер исходного события).

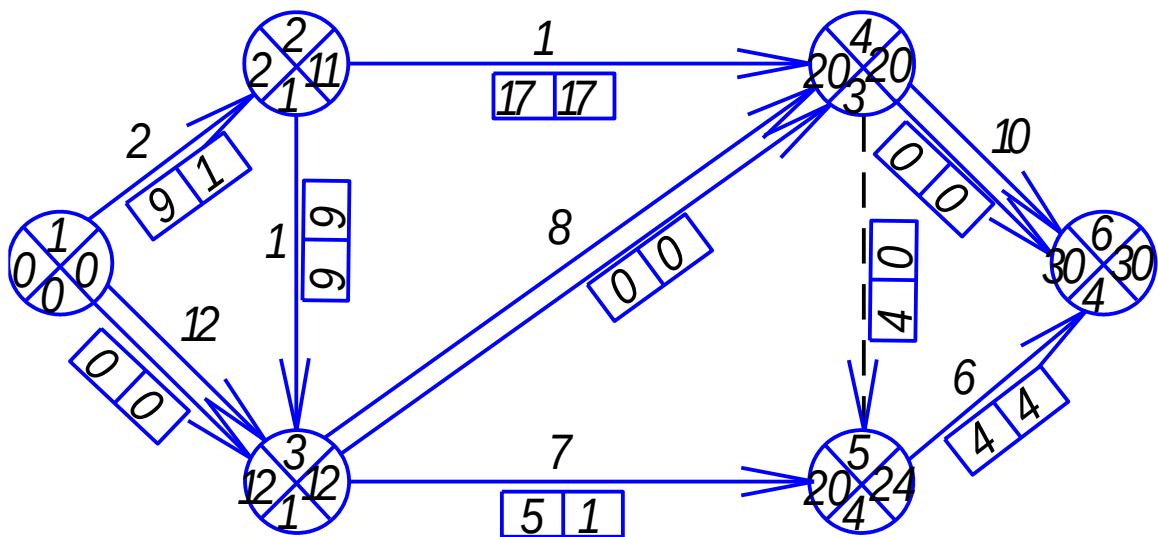


Рис. 3.4 Пример расчета сетевого графика на модели

Переходим к событию 3. В него входят работы 1-3 и 2-3 и выходят работы 3-4 и 3-5. Для работ 3-4 и 3-5, выходящих из события 3, принимаем ранний срок начала 12, как наибольшее значение из сумм ранних сроков начал и продолжительностей предшествующих работ 1-3 и 2-3 ($0+12=12$ и $2+1=3$) и одновременно в нижний сектор записываем номер начального события предшествующей работы, по которой проходит путь максимальной продолжительности, т.е. 1. Подобным образом определяются ранние сроки начала всех работ.

Далее находятся работы, принадлежащие критическому пути, продолжительность которого определяется значением левого сектора завершающего события и равна в нашем примере 30 дням. Работы, попавшие на критический путь, можно установить переходом от завершающего события к исходному и сопоставлением цифры, записанной в нижнем секторе рассматриваемого события, и номера предшествующего события. Если они одинаковы, то работа с кодом этих событий будет лежать на критическом пути.

В нашем примере в нижнем секторе завершающего события 6 имеем цифру 4. По ней ищем предшествующее событие с этим номером и устанавливаем, что работа 4-6 является критической. Аналогично определяем критические работы 3-4 и 1-3.

После определения продолжительности критического пути последний сравнивается с заданным директивным сроком строительства, и если окажется, что продолжительность критического пути больше, то сетевой график корректируется по времени.

Затем определяются поздние сроки окончания работ справа налево, т.е. от завершающего к исходному событию сетевого графика, и заполняются правые сектора событий.

Поздний срок наступления завершающего события графика (поздний срок окончания завершающих работ) равен раннему сроку его наступления, т.е. продолжительности критического пути. Поэтому в правый сектор завершающего события из левого переносим цифру 30, которая является поздним сроком окончания для всех работ, входящих в это событие, т.е. в нашем случае для работ 4-6 и 5-6.

Поздний срок окончания предшествующих работ равен минимальной разности между поздним сроком окончания и продолжительностью этих работ:

$$t_{ij}^{no} = \min(t_{jk}^{no} - t_{jk}). \quad (3.18)$$

Так, поздние сроки окончания работ 3-5 и 4-5 равны $30-6=24$. В правый сектор события 5 записываем 24.

Поздние сроки окончания работ 2-4 и 3-4 равны наименьшей из разностей поздних сроков окончания последующих работ 4-5 ($24-0=24$) и 4-6 ($30-10=20$), т.е. 20. В правый сектор события 4 записываем 20.

Аналогично определяются поздние сроки окончания всех остальных работ сетевого графика. Если вычисления выполнены правильно, то результатом в правом секторе исходного события должен быть нуль.

Рассчитав ранние сроки начала и поздние сроки окончания работ, определяют их резервы времени.

Полный резерв времени для любой работы сетевого графика определяется вычитанием из значения правого сектора конечного события рассматриваемой работы суммы значений левого сектора начального события рассматриваемой работы и ее продолжительности:

$$r_{ij}^n = t_{ij}^{no} - (t_{ij}^{pn} + t_{ij}). \quad (3.19)$$

Например, для работы 2-4 $r_{2-4}^n = 20 - (2 + 1) = 17$.

Полный резерв времени работы записывается под стрелкой рассматриваемой работы в левом квадрате.

Свободный резерв времени для любой работы определяется вычитанием из значения левого сектора конечного события рассматриваемой работы суммы значений левого сектора начального события и продолжительности этой работы:

$$r_{ij}^{cs} = t_{jk}^{pn} - (t_{ij}^{pn} + t_{ij}). \quad (3.20)$$

Для работы 2-4 $r_{2-4}^{cs} = 20 - (2 + 1) = 17$.

В данном случае свободный и полный резервы времени одинаковы, поскольку событие 4 лежит на критическом пути.

Свободный резерв времени работы записывается под стрелкой рассматриваемой работы в правом квадрате.

Расчет резервов времени работ следует вести слева направо от исходного к завершающему событию сетевого графика.

Критический путь определяется по событиям, ранние и поздние сроки наступления которых (числа в правых и левых секторах) равны между собой, а также по работам, у которых полный и свободный резервы времени равны нулю. Работы, соединяющие их, являются критическими. Их следует обвести жирной линией. Получится непрерывная последовательность работ, образующих критический путь.

3.6. Задание для выполнения работы «Расчет сети непосредственно на графике»

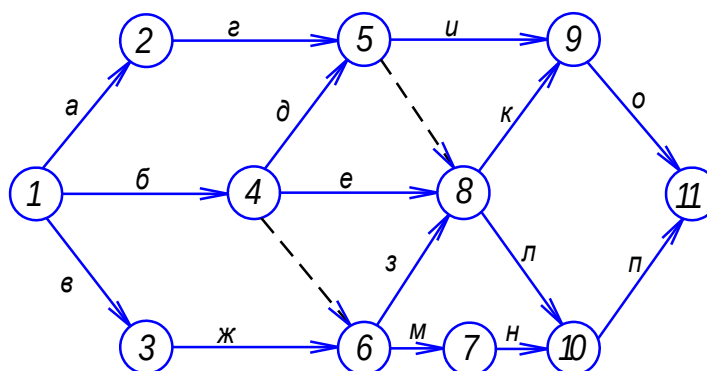
По исходным сетевым моделям (рис. 3.5) требуется определить ранние и поздние характеристики работ, критический путь, полные и свободные резервы времени работ, исходя из заданных продолжительностей работ (табл. 3.3).

Расчет характеристик сети производится непосредственно на графике по примеру рис.3.4.

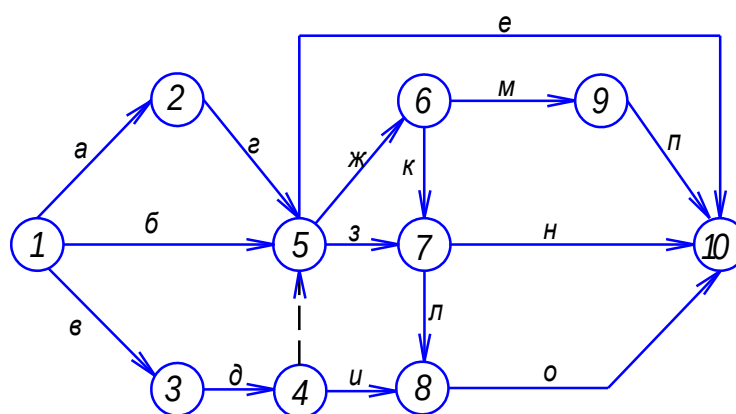
Последовательность выполнения работы:

1. Вычерчивается сетевой график с крупным изображением событий, которые разбиваются на секторы (рис.3.3). События кодируются, а над стрелками проставляются продолжительности работ.
2. Определяются ранние сроки начала работ слева направо.
3. Устанавливается продолжительность критического пути.
4. Определяются поздние сроки окончания работ справа налево.
5. Рассчитываются полные резервы временных работ.
6. Рассчитываются свободные резервы времени работ.
7. Определяются работы критического пути, которые выделяются на сетевом графике.

Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3

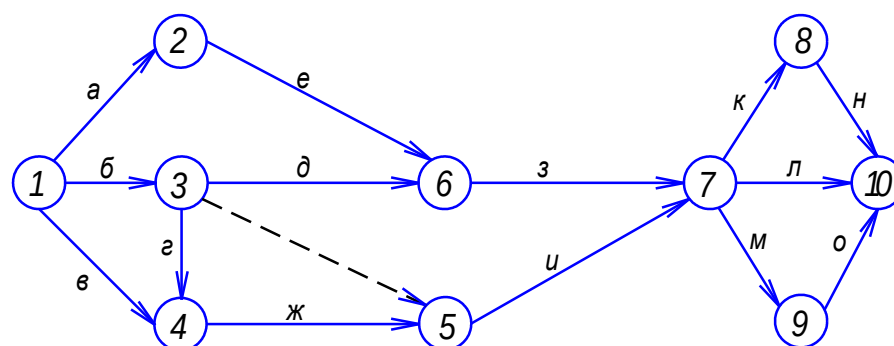
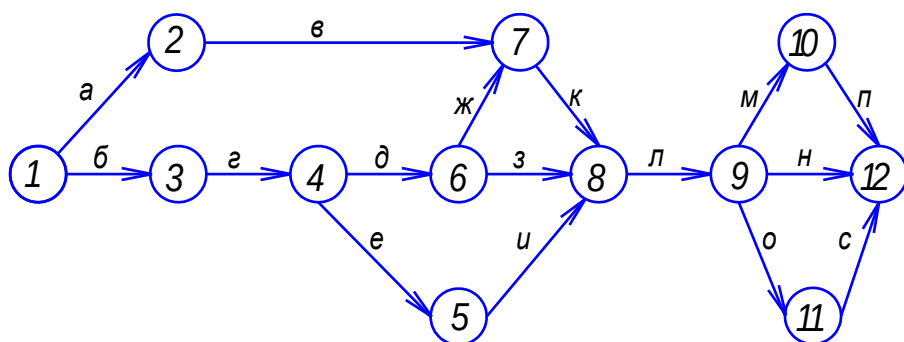
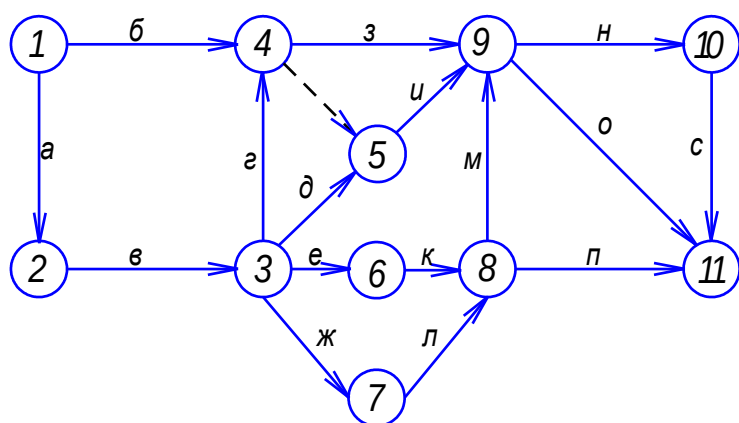


Рис. 3.5 а)

Вариант 4



Вариант 5



Вариант 6

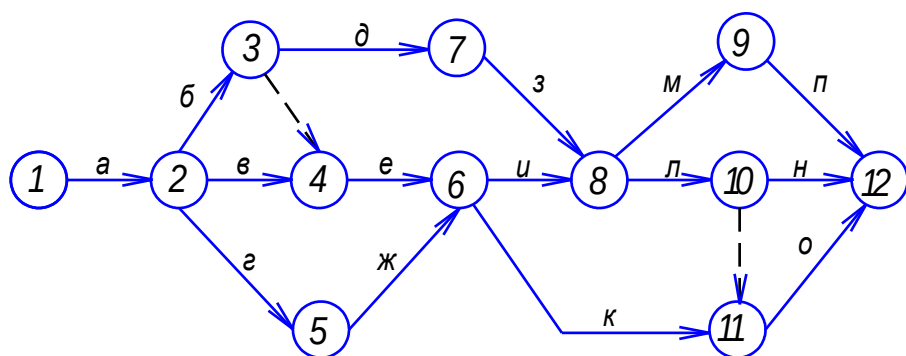
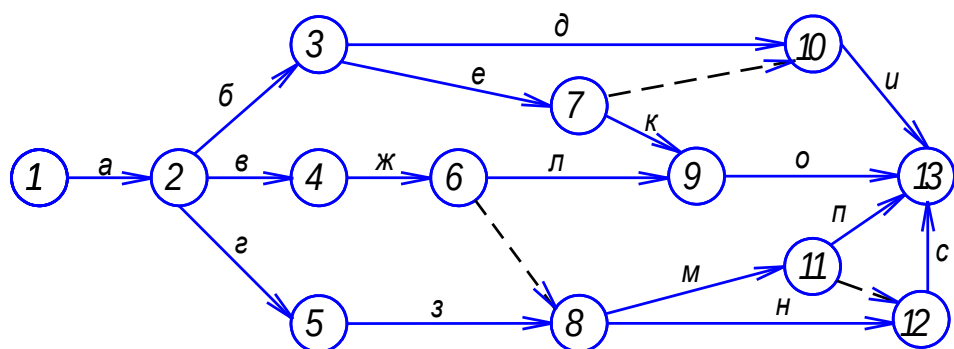
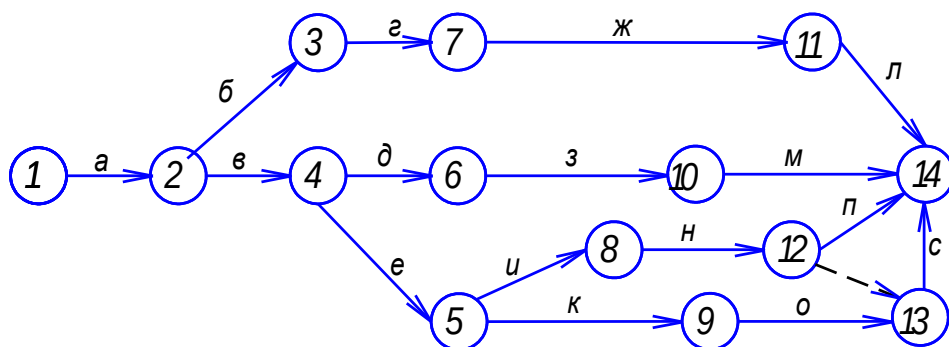


Рис. 3.5 б)

Вариант 7



Вариант 8



Вариант 9

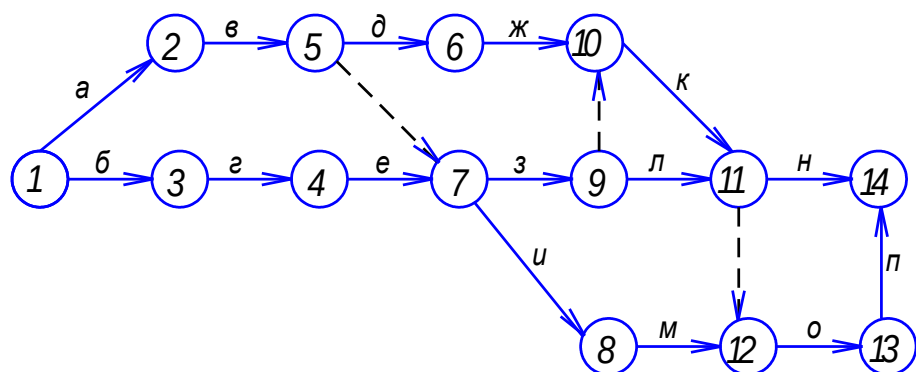
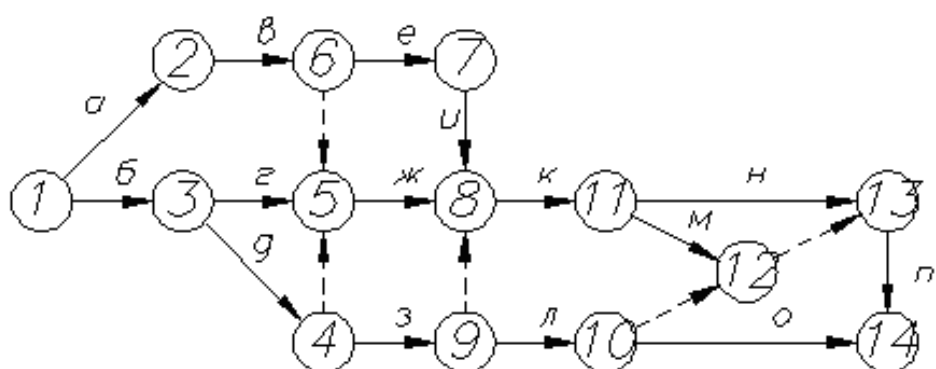
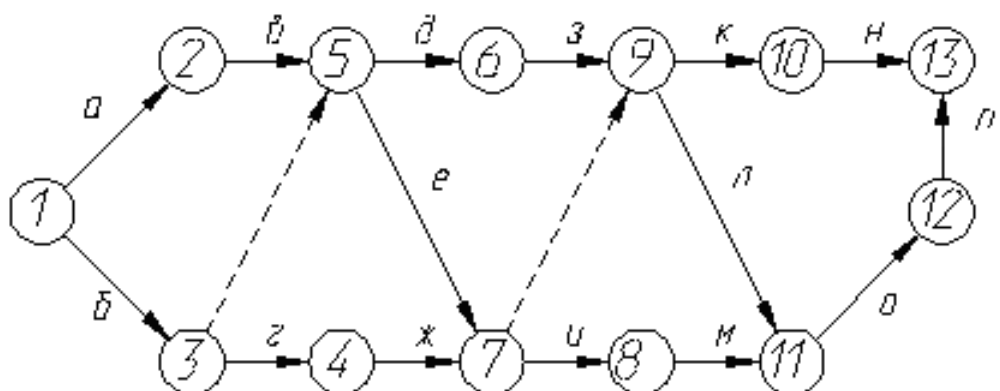


Рис. 3.5 в)

Вариант 10



Вариант 11



Вариант 12

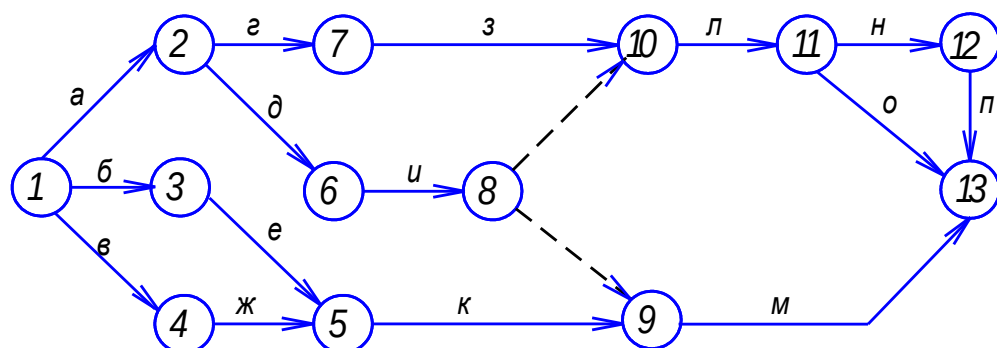


Рис. 3.5 Г)

Таблица 3.3

Исходные данные по вариантам

Номера вариан- тов	Продолжительность работ															
	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л	м	н	о	п	с
1	2	3	4	5	7	4	5	1	6	7	6	3	8	10	2	-
2	5	6	4	10	3	11	7	5	6	4	3	11	12	7	2	-
3	2	5	3	4	6	7	4	5	1	6	10	12	8	5	-	-
4	5	3	4	6	3	2	6	8	7	4	3	2	5	8	5	4
5	4	6	3	2	10	8	9	7	5	2	6	1	3	7	5	8
6	5	2	3	4	4	6	7	8	6	5	8	4	3	10	7	-
7	4	3	7	6	5	8	5	10	7	4	3	2	1	4	8	9
8	3	4	5	7	2	6	8	4	10	5	8	6	9	7	4	3
9	2	4	3	3	5	6	7	4	10	8	6	9	4	6	5	-
10	5	4	2	3	6	8	7	10	9	4	5	3	1	2	9	-
11	6	7	4	8	3	2	4	9	8	2	7	4	3	6	4	-
12	9	4	3	5	8	7	6	6	5	8	10	3	1	4	10	-