

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ
ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА
Дисциплина «Организация и управление СМР»

Л 8. СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА. 1 ЧАС.

Джундубаева А.Ж.,
м.т.н., ассистент профессора ФОС

Алматы, 2018

Линейные графики просты в исполнении и наглядно показывают ход строительных работ. Однако они не могут отобразить сложность моделируемого строительного процесса в связи с чем имеют следующие недостатки:

- – календарный график статичен: он не отражает всей динамики строительного процесса и нуждается в постоянной корректировке. Но пока он корректируется, согласовывается и утверждается, происходят новые изменения в результате чего пересмотренный график вновь не отражает действительного положения дел;
- – по линейному графику трудно определить, как идёт строительство в данный момент – с опережением или с отставанием, и на какой срок;
- – по линейному графику трудно определить, как отражается невыполнение одной или нескольких работ на выполнении других работ, и на какой срок;
- – на календарном графике не выделены работы, которые определяют сроки строительства; не видна роль второстепенных работ, в результате чего руководство стройки вынуждено расплывать своё внимание на всех работах, не концентрируя его на решающих участках стройки;
- – линейный график не даёт возможности прогнозировать ход событий на стройке, что осложняет выбор правильного решения руководителем стройки на выполнение последующих работ

- **Сетевой график** это графическое изображение технологической последовательности выполнения работ на объекте или нескольких объектах с указанием их продолжительности и всех временных параметров, а также общего срока строительства.
В основе управления строительством должна лежать заранее разработанная модель процесса производства строительных и монтажных работ, начиная с подготовительных работ и кончая вводом объекта в эксплуатацию.

Отличительными особенностями сетевого графика являются:

- наличие взаимосвязи между работами и технологической последовательностью их выполнения;
- возможность выявления работ, от завершения которых в первую очередь зависит продолжительность строительства объекта;
- возможность выбора вариантов последовательности и продолжительности работ с целью улучшения сетевого графика;
- облегчение осуществления контроля работ за ходом строительства;
- возможность использования ЭВМ для расчётов параметров графика при планировании и управлении строительством.

Сетевой график состоит из четырёх элементов: **работы, события, ожидания и зависимости.**

Условные обозначения сетевого графика;
затраты времени и ресурсов

Наименование элементов сетевого графика	Условные обозначения	Затраты времени	Затраты труда
<i>Работа</i>	-----	+	+
<i>Событие</i>	О	-	-
<i>Ожидание</i>	-----	+	-
<i>Зависимость</i>	- - - - -	-	-

Работа – это технологический процесс, требующий затрат времени, трудовых и материальных ресурсов и приводящий к достижению определённого запланированного результата. Работа на графике обозначается сплошной стрелкой, длина которой может быть не связана с продолжительностью работ (если график выполнен не в масштабе времени).

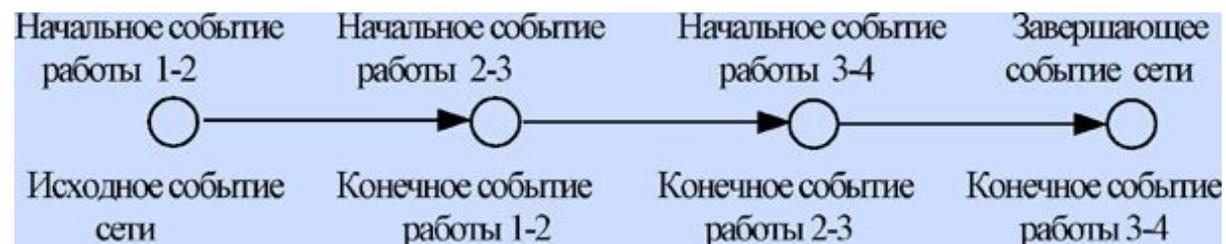
Факт окончания одной или нескольких работ, необходимых и достаточных для начала последующих работ, называют **событием**. Имеется в виду, что событие свершается мгновенно, поэтому оно не требует ни времени, ни материальных, ни трудовых затрат. Событие изображается в виде круга, внутри которого указывается определённый номер – код события.

События могут быть исходными, завершающими, начальными и конечными.

- **Исходное событие** начинает строительства объекта и не имеет предшествующих работ. Этим событием начинается развитие сетевого графика.
- **Завершающее событие** не имеет последующих работ и им заканчиваются работы в сетевом графике.

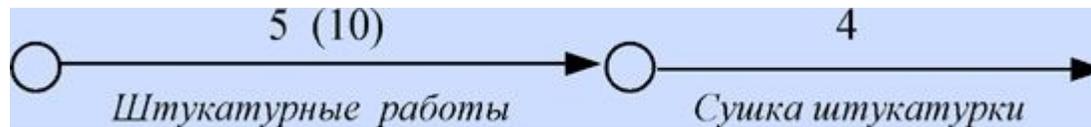
События ограничивают рассматриваемую работу и по отношению к этой работе они могут быть начальными и конечными.

- **Начальное событие** для рассматриваемой работы определяет начало данной работы и является конечным для предшествующих работ.
- **Конечное событие** определяет факт окончания данной работы и является начальным для последующих работ.



В строительстве может возникать необходимость в перерывах между выполняемыми работами. Такие перерывы могут быть технологическими и организационными.

- **Технологические перерывы** могут быть связаны с необходимостью набора прочности бетоном, твердения стяжки под рулонную кровлю, сушки штукатурки перед малярными работами и т.п.
- **Организационные перерывы** могут возникать при занятости бригад нужных профессий на другом объекте, ожиданием тёплого времени года для выполнения благоустроительных работ и проч.
- Такие технологические перерывы называют ожиданием. **Ожидание** – процесс, требующий времени и не потребляющий материальных и трудовых ресурсов. Ожидание изображается, как и работа, сплошной стрелкой с указанием продолжительности и наименованием ожидания.



Между отдельными видами строительных и монтажных работ могут существовать технологические зависимости (например, нельзя вести отделочные работы, монтаж технологического оборудования при отсутствии кровли, благоустроительные работы без прокладки подземных коммуникаций и т.п.).

- **Зависимость** (иногда её ещё называют фиктивной работой) отражает технологическую или организационную взаимосвязь работ. Зависимость не требует ни времени, ни ресурсов; она определяет технологическую последовательность событий.
- Зависимость изображается на сетевом графике пунктирной стрелкой.
- Зависимость может быть **технологической** (показывает необходимую последовательность выполнения работ) и **ресурсной или организационной**, связанной с переходом бригад или перегонем строительных машин с объекта на объект.

- Каждая работа в сетевом графике имеет свою продолжительность, рассчитанную на основе подлежащих к выполнению объёмов работ. Пройдя от исходного события к завершающему, последовательно, по цепочке работ и зависимостей, можно подсчитать общую продолжительность работ в каждой цепочке.
- **Путь** – это непрерывная последовательность работ в сетевом графике. Длина искомого пути по времени определяется суммой продолжительности составляющих этот путь работ.
- В сетевом графике между исходным и завершающим событием может быть несколько путей, различных по продолжительности.
- Путь от исходного до завершающего события сетевого графика называют полным. Участок пути от исходного события до данного события называют предшествующим, а путь от данного события до любого последующего называют последующим путём.
- **Критическим путём** сетевого графика называют полный путь от исходного до завершающего события, имеющий наибольшую длину (продолжительность) из всех полных путей. Его временная длина определяет срок выполнения всех работ в сетевом графике.
- В сетевом графике может быть несколько критических путей.
- Увеличение продолжительности работ, лежащих на критическом пути, увеличивает общую продолжительность работ; соответственно сокращение этих работ приводит к общему сокращению срока строительства объекта.
- **Критический путь** на сетевом графике выделяется утолщённой линией или каким-либо другим способом.
- Путь, длина которого несколько меньше критического пути, называют подкритическим. При сокращении продолжительности работ на критическом пути подкритический путь может стать критическим.
- Совокупность критических и подкритических путей образует в сетевом графике критическую зону. Выявление в сетевом графике критической зоны позволяет выявить работы, на которые нужно обращать внимание при необходимости сокращения сроков строительства, либо при проектировании сетевого графика, либо при контроле за ходом строительства.
- В сетевом графике каждая работа находится между двумя событиями (начальным, из которого она выходит, и конечным, в которое она входит). Каждое событие имеет свой номер, поэтому каждая работа приобретает свой код, состоящий из номеров её начального и конечного события.

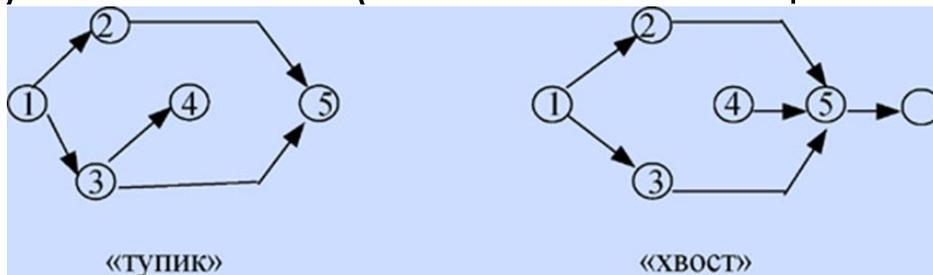
Существуют определённые правила построения сетевого графика:

- для удобства построения сетевого графика направление стрелок следует принимать слева направо, избегая по возможности пересечения линий;
- каждая работа должна иметь свой код. В случае выполнения параллельных работ, имеющих единое начало и окончание, необходимо вводить дополнительные события, иначе разные работы получат единое наименование;



Существуют определённые правила построения сетевого графика (продолжение):

- в сетевом графике не должно быть «тупиков» (событий, из которых не выходит ни одной работы) и «хвостов» (событий, в которые не входит ни одна работа);



- нумерация (кодирование) событий должна соответствовать последовательности работ во времени, т.е. предшествующим событиям присваиваются меньшие номера;
 - нумерацию событий нужно производить только после полного построения сети и убеждённости, что технологически сеть построена правильно;
 - первоначальный вариант сетевого графика строится без учёта продолжительности составляющих его работ, обеспечивая только технологическую последовательность (в этом случае длина стрелок значения не имеет).



Сравнивая длину критического пути с длиной любого некритического пути, устанавливаем, что есть возможность на определённое количество времени увеличить длину некритических работ без увеличения общего срока строительства объекта. Эти дни и составляют **резерв времени**, который может быть частным или общим.

- **Частным резервом** времени работы называют количество рабочего времени, на которое может быть увеличена продолжительность этой работы или перенесено её начало так, чтобы при этом не изменилось раннее начало последующих работ.
- **Под общим (полным) резервом** времени понимают количество рабочего времени, на которое может быть увеличена продолжительность данной работы при условии, что продолжительность самого наибольшего из путей, проходящих через эту работу, не превышает длины критического пути.

- При разработке сетевой график представляет собой немасштабную модель, но возникает необходимость представить его в привычной форме в масштабе времени, доступной для использования на любом уровне управления. Для привязки графика к календарному времени используется календарная линейка. При привязке событий сетевого графика к календарю наглядно видно, когда какая работа выполняется и когда она должна быть закончена.
- Масштабный график, как правило, строят по ранним срокам событий.
- Событие, в которое входит одна работа, может быть начато в том случае, когда свершилось событие предыдущей работы и выполнена работа рассматриваемого события.
- Если в рассматриваемое событие входит несколько работ, то приступить к последующей работе возможно только в том случае, когда будет завершена самая продолжительная работа, входящее в это событие. Имея данные о продолжительности каждой входящей в это событие работы, можно определить для этого события самый ранний из возможных сроков его свершения.
- Самый ранний из возможных сроков свершения события равен раннему началу предыдущего события и продолжительности максимального из предшествующих этому событию путей.
- Если у рассматриваемой работы есть одна последующая работа, то её позднее окончание равно позднему окончанию последующей работы минус продолжительность рассматриваемой работы.
- Если у рассматриваемой работы две или более последующих работ, то её позднее окончание будет минимальным из разности поздних окончаний последующих работ и их продолжительности.

Карточка-определитель сетевого графика является исходным документом для расчёта сетевого графика. С помощью карточки-определителя назначается продолжительность выполнения каждой работы на основе принятых методов производства работ, назначается состав бригады и сменность.

- Исходными данными для разработки карточки-определителя сетевого графика (рис.1) являются:
- – точное наименование и состав каждой работы;
- – данные об имеющихся в строительной организации бригадах и их составах;
- – информация о достигнутой этими бригадами производительности труда;
- – данные о поставках строительных материалов и конструкций, оборудования;
- – сведения о действующих нормативных документах (СНиП, ЕНиР, инструкции и указания по производству работ);
- – данные о механизмах, которыми располагают строительные и монтажные организации.

Предшествующая работа	Шифр работ		Описание работ	Объём работ		Трудоёмкость		продолжительность работ, дни
	Начало	Оконч.		Ед. изм.	Кол-во	Чел.-дни	Маш.-смены	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Исполнители			Кол-во смен	Потребность в строительных механизмах		Потребность в материалах			
Наименование организ.	Бригада, специал.	Количество работающих в смену		Наименов.	Кол-во	Наименование	Един. изм.	Количество	Поставщик
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Рис 1. Карточка-определитель работ и ресурсов сетевого графика

Определив трудоёмкость работы, определить продолжительность работы можно двумя способами:

- – назначив численный состав бригады, разделить трудоёмкость работ на число рабочих бригады;
- – назначив продолжительность работ в днях, разделить трудоёмкость работ на её продолжительность; в этом случае мы узнаем необходимый численный состав бригады.

Но эти положения не распространяются на выполнение механизированных работ. В этом случае надо определить требуемое количество машиносмен работы и, разделив на количество механизмов и их сменность, получить продолжительность работы в днях; в соответствии с ЕНиР назначаем состав монтажной бригады.

- Для отдельных видов строительных и монтажных работ могут разрабатываться локальные графики, которые необходимо объединить в единый сетевой график строительства зданий и сооружений.
- В связи с этим необходимо произвести увязку смежных работ (это, так называемая, «сшивка» графика). Эту увязку необходимо произвести с помощью граничных событий, т.е. событий, которые являются общими для разных локальных графиков и совершаются в результате окончания работ, входящих в состав этих графиков.

- В результате расчёта параметров сети и возможности её привязки к календарю можно выявить потребность в трудовых и материальных ресурсах в каждый момент строительства объекта. Для этого строится эпюра потребности ресурсов, горизонтальный вектор которой привязан к календарю, а вертикальный вектор указывает на количество потребляемых ресурсов. В основу построения эпюры закладывается постоянство расходования ресурсов при выполнении каждой работы. Сложение потребностей работ по вертикали в определённый календарный срок даёт необходимую информацию.
- Чтобы правильно привязать сеть к календарю, даты начала той или иной работы должны соответствовать ранним началам работ, расположенные в левом секторе событий.
- Работы, имеющие резерв времени, должны быть на сетевом графике выделены (на графике они могут иметь прерывистую линию в той части работы, где есть частный резерв времени), и на эпюру проецируется только та часть работы, где есть ресурсы (рис. 2 и 3).

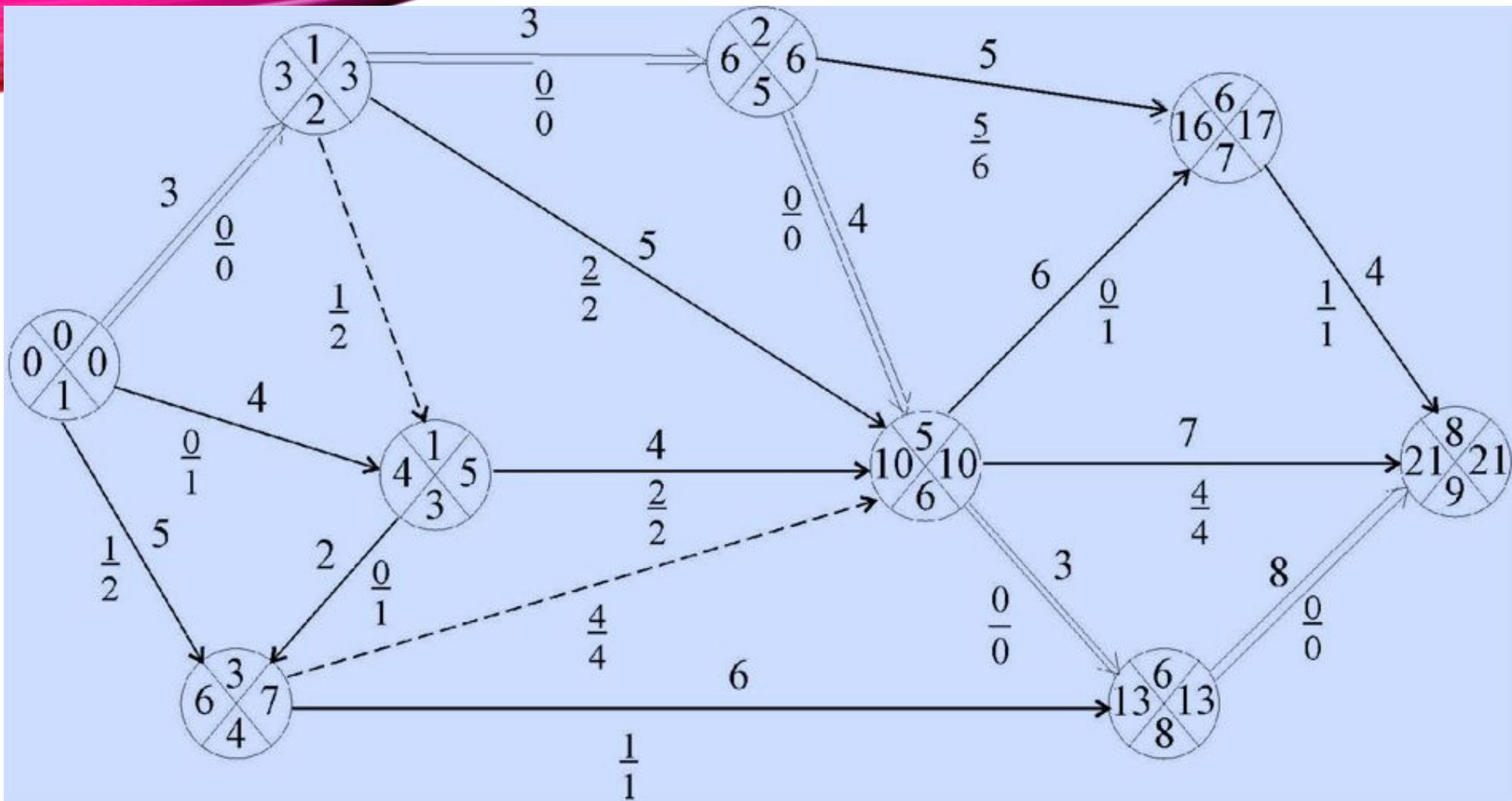


Рис.2. Пример расчета сетевого графика непосредственно на схеме

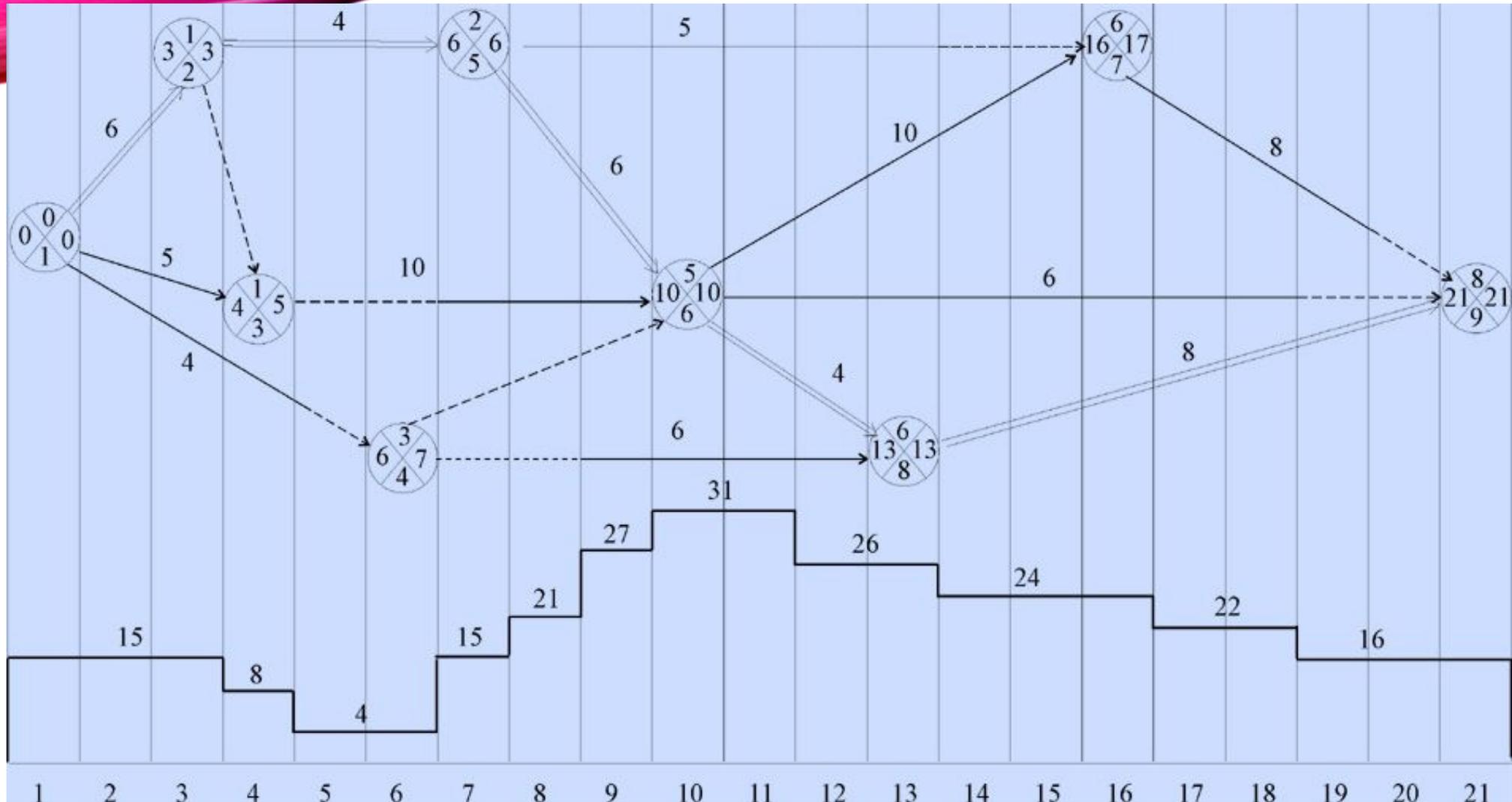


Рис.3. Построение сетевого графика в масштабе времени и диаграмма движения рабочей силы (цифра над стрелкой – количество людей, занятых в данной работе)

Первый этап разработки сетевого графика заканчивается расчётом его параметров, определением продолжительности критического пути и его траектории. **Однако первоначальный (скорее, исходный) вариант графика редко получается сразу оптимальным.** Чаще всего сеть приходится корректировать, приводя её в соответствие с нормативным или директивным сроком строительства объекта, с имеющимися в распоряжении исполнителей ресурсами (трудовыми, материальными, необходимыми механизмами).

После получения первого варианта сетевого графика с определением критического пути, расчётом временных параметров для каждой работы и определением резервов времени, сетевой график нужно проанализировать.

- **Под корректировкой (оптимизацией) сетевого графика** понимают внесение в его первоначальный вариант возможных изменений с целью достижения выгодных результатов и доведения параметров графика до показателей, на которые планируется сеть.
- Для внесения этих поправок необходимо находить наиболее выгодные и возможные технологические решения, а иногда и проектные решения, связанные с сокращением срока производства строительно-монтажных работ или с изменением технологической последовательности их исполнения.
- Корректировка сетевого графика может производиться по заданным срокам строительства, по трудовым и материальным ресурсам и другим необходимыми показателям.

- **Если первоначальный вариант сетевого графика имеет критический путь не превышающий установленного директивного срока строительства, то такой график можно считать оптимальным и рекомендовать к исполнению.**

- В тех случаях, когда критический путь в первоначальном варианте сетевого графика превышает установленные сроки строительства, необходима корректировка графика по показателю «время» с целью сокращения срока критического пути.

Сократить же критический путь можно следующими способами:

- – перераспределить трудовые ресурсы с некритических работ на критические, в результате чего продолжительность некритических работ может увеличиться в пределах имеющихся резервов времени, а критических работ сократится;
- – привлечь дополнительные трудовые и материальные ресурсы для выполнения критических работ;
- – пересмотреть топологию сети (изменить технологическую последовательность выполнения работ); увеличить число захваток; выполнять отдельные строительные и монтажные операции, где позволяет технология и безопасность работ параллельно);
- – изменить, если есть возможность проектные решения в целях сокращения продолжительности строительства (повысить заводскую готовность конструкций, конвейерно-блочный монтаж конструкций покрытия, применить сборные конструкции взамен монолитных и т.п.).

- 
- СРС 8. Классификация СГ в составе ПОС и ППР.