

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Дисциплина

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И  
ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Тема

**КАЛЕНДАРНОЕ И СЕТЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

старший преподаватель

Макиша Елена Владиславовна



Национальный исследовательский  
Московский государственный  
**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Москва - 2020

**Целью** освоения дисциплины является углубление уровня освоения компетенций обучающегося в области автоматизации процессов организации и планирования строительного производства на основе современных информационных технологий.

## **Виды учебной работы в 5 семестре:**

1. Лекции (ст. преп. Макиша Е.В.).
2. Практические занятия (ст. преп. Макиша Е.В.).
3. Компьютерные практикумы (ст. преп. Макиша Е.В.).
4. Консультации по курсовому проекту (ст. преп. Макиша Е.В.).
5. Самостоятельная работа (ст. преп. Макиша Е.В.).

## **Формы текущего контроля в 5 семестре:**

1. Контрольные задания по КоП (ст. преп. Макиша Е.В.).

## **Формы промежуточной аттестации в 5 семестре:**

1. Экзамен (ст. преп. Макиша Е.В.).
2. Курсовой проект (доц. Кузина О.Н.).

## Разделы дисциплины в 5 семестре:

1. Основы сетевого моделирования при строительстве объектов и сооружений.
2. Основы календарного планирования при строительстве объектов и сооружений.
3. Проектирование строительных генеральных планов с применением средств автоматизации.
4. Основы автоматизации организации строительства.



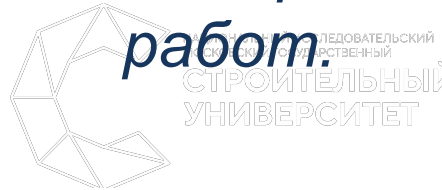
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

*Календарный план – это проектный документ, который определяет последовательность и сроки выполнения отдельных работ, устанавливает их технологическую взаимосвязь в соответствии с характером и объемом строительно-монтажных*



## 1. Управление сроками строительства.

При корректировке сроков строительства теоретически может быть выгодно как уменьшение, так и увеличение продолжительности, поскольку есть факторы, улучшающие технико-экономические показатели как в том, так и в другом случае. Например, при **сокращении** продолжительности строительства сокращаются накладные расходы, уменьшается риск невыполнения договорных обязательств, а при **увеличении** продолжительности строительства сокращаются необходимый объем временных сооружений и количество одновременно привлекаемых работников на площадке.

Таким образом, имеется некоторая **оптимальная продолжительность работ**. Однако в подавляющем большинстве случаев строительство запаздывает по отношению к оптимальному графику, поэтому сокращение продолжительности строительства является наиболее насущной задачей. Эта задача одинаково важна для инвестора, заказчика и подрядчика.

## 2. Улучшение равномерности расходования ресурсов.

Наиболее важна эта задача для нерасходуемых ресурсов (трудовых и технических), так как неравномерность их потребления сразу приводит к простоям и, как следствие, финансовым потерям. Впрочем, равномерность использования расходуемых ресурсов (материалов) также полезна, поскольку приводит к уменьшению размера складов и количества транспортных средств. При заданном максимальном размере расходования ресурсов (например, максимальном количестве квалифицированных рабочих) зачастую приходится уменьшать интенсивность их потребления за счет искусственного растягивания продолжительности работ. Наибольшее значение решение этой задачи имеет для подрядчиков.

**3. Оптимальное распределение работ между субподрядчиками и подразделениями со своевременной подготовкой фронта работ, взаимной увязкой производственной деятельности, установлением понятных ориентиров и сдаточных этапов.**

При этом приходится интегрировать планово-распорядительные функции субподрядчиков в единую систему, устанавливать контроль сроков выполнения разнородных работ, создавать резервы как по производительности, так и по времени производства работ.



При выявлении оптимального календарного плана возникают могут быть использованы различные критерии, **наиболее важным из которых является минимум дисконтированных затрат**, учитывающих различные эффекты от изменения продолжительности, интенсивности, последовательности работ. Одновременно могут быть использованы частные критерии **сокращения продолжительности строительства, снижения трудозатрат, улучшение равномерности работ**. Таким образом, **составление оптимального календарного плана является сложной многокритериальной задачей**, в идеале решаемой с учетом интересов всех участников строительства. При этом календарный план, независимо от его вида, должен являться основой для разработки договорных сроков и выполняемых исполнителями объемов, для установления взаимных санкций и договорных условий.

## 1. Табличная.

В табличной форме календарный план используется обычно в проектах организации строительства и в плановых документах для расчета финансирования строительства, распределения объемов работ и расхода материалов по периодам строительства. В то же время табличная форма может быть использована и для описания технологической последовательности работ либо самостоятельно, либо в виде левой части линейного графика.

Наименование работ	Объем работ		Машины		Затраты труда, чел-дн.	Продолжительность, дней	Количество смен	Число рабочих в смену	Состав бригады	График работ	
	единицы измерения	количество	наименование	количество							

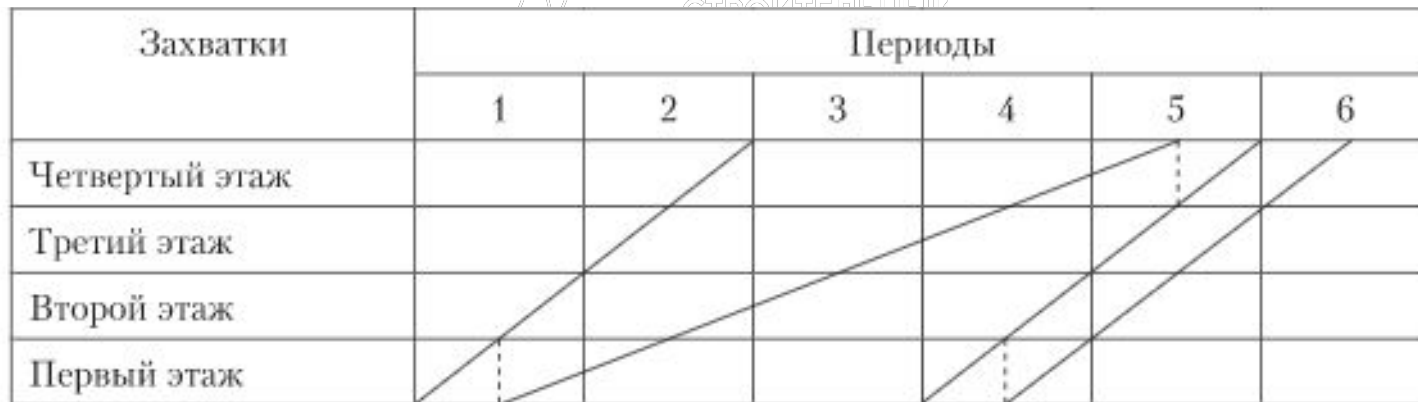
## 2. Линейные графики.

Линейные графики являются наиболее наглядными, так как могут отражать не только продолжительность работ, но и их совмещение по времени, интенсивность, а также закрепление исполнителей.

Наименование работ	Продолжительность, дн.	Месяцы													
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Разработка котлована	40	■													
Бетонная подготовка	15		■												
Фундаментная плита	80			■											
Трубы спецканализации	110					■									
Стены подвала	100							■				■			
Перекрытия подвала	60									■			■		
Устройство локализации аварии	80										■				
Обратная засыпка	25													■	

## 3. Циклограмма.

Изначально предназначается для циклических процессов, откуда и название. Она является удобным способом для построения графиков поточного строительства, особенно при неритмичном потоке. Однако циклограмма плохо приспособлена для компьютерной обработки, поэтому в настоящее время в практике проектирования и строительства почти не употребляется.



## Исходными данными для составления календарного плана являются:

- перечень и объемы строительно-монтажных работ,
  - состав и возможности исполнителей работ,
  - договорные сроки строительства в целом,
- принятые организационные и технологические решения.

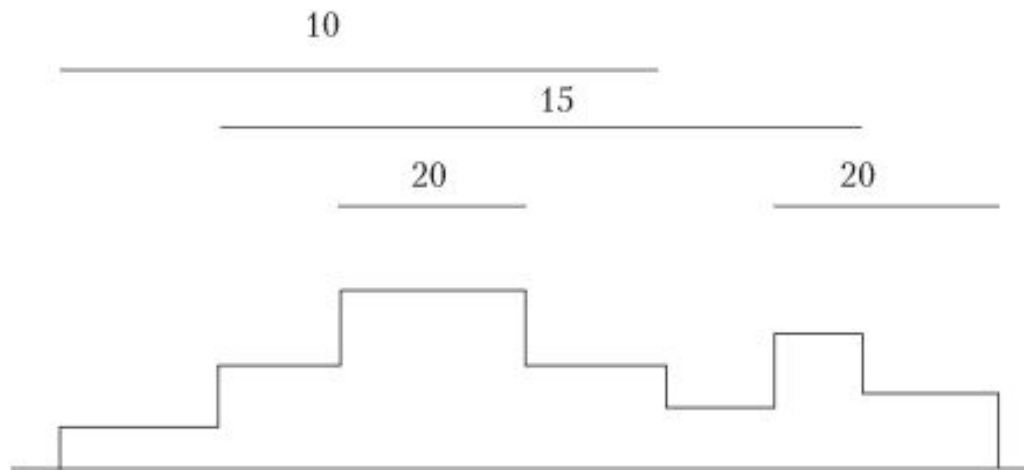
1. Составляют **перечень выполняемых работ**, определяют их технологическую последовательность и возможность совмещения по времени.
2. Определяют **объемы работ** в физическом или денежном выражении.
3. Выбирают **методы производства работ**, применяемые **машины** и назначают ведущих **исполнителей работ** (участки, бригады, субподрядные организации).
4. Рассчитывают **нормативную трудоемкость** выполнения работ, уточняют количество работников, состав бригад и звеньев.
5. Устанавливают **сменность работ** (количество смен в день).
6. Рассчитывают **продолжительность** каждой из работ и комплекса работ в целом.
7. **Сопоставляют общую продолжительность работ с заданными (договорными) сроками начала и окончания работ**, определяют необходимость внесения поправок.
8. Выбирают **метод корректировки плана**: совмещение работ по времени, изменение численности работников, количества машин, сменности, применяемой технологии, изменение перечня и последовательности работ; производят корректировку плана до получения необходимых сроков окончания работ.
9. Разрабатывают **графики потребности в расходуемых (материалы) и нерасходуемых (люди, машины) ресурсах**. При необходимости производят повторную корректировку (оптимизацию) графика с учетом ограничений по потреблению ресурсов.



# ГРАФИКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ



**Графики ресурсов** наглядно показывают уровень потребности, расхода, наличия, выявляют недостаток или избыток ресурсов в тот или иной отрезок времени, дают представление о равномерности их потребления.







# СЕТЕВОЙ ГРАФИК И СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ

Календарный график является наглядным средством представления развития строительства по времени, удобен для определения расхода ресурсов. Однако считать по нему общую продолжительность строительства сложно, а иногда невозможно.

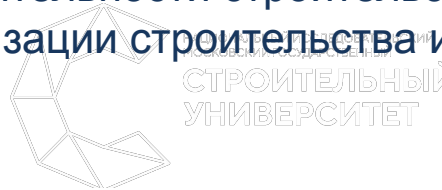
Трудно также выделить важные и неважные для достижения конечного результата процессы. Для устранения этих недостатков в середине XX в. была разработана математическая модель развития проекта – **«сетевой график»**.



**Сетевая модель** представляет собой ориентированный граф, отражающий последовательность и организационно-технологические взаимосвязи между строительными работами.

Сетевая модель, представленная графически на плоскости с рассчитанными временными и ресурсными параметрами, называется **сетевым графиком**.

Сетевые графики применяют в качестве основы для составления календарных планов, расчета продолжительности строительства, потребности в ресурсах, разработки проектов организации строительства и проектов производства работ.



## КЛАССИЧЕСКИЙ СЕТЕВОЙ ГРАФИК

Классический график имеет два типа чередующихся элементов — вершины и соединяющие их дуги (ребра). Каждая дуга соединяет две различные вершины, причем по ней можно пройти только в одном направлении, показанном стрелкой (отсюда название — ориентированный). В классическом сетевом графике вершинами являются события, а дугами — работы, процессы. Такой график моделирует взаимосвязь процессов по принципу работа закончилась — начинаем следующую.

Взаимное расположение вершин и дуг называют **топологией сетевой модели**. Она не меняется при изменении длин отдельных дуг, которые символизируют продолжительность процессов. Однако топологию можно менять в процессе оптимизации графика: например, разбивать работы на несколько или объединять их, изменять последовательность работ.



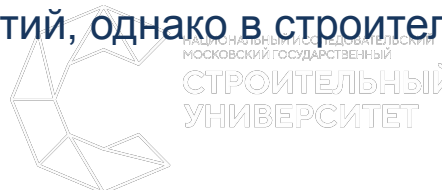
## ОБОБЩЕННЫЙ СЕТЕВОЙ ГРАФИК

В обобщенных графиках, напротив, вершинами являются работы, а их соединяют дуги, символизирующие определенные виды взаимодействия между ними.

Обобщенные графики могут моделировать, например, начало работы с задержкой и т.п. Они применяются при компьютерном расчете сетевых моделей.

## СЕТИ ПЕТРИ

Более сложные графики, содержащие причинно-следственные связи, условные переходы, динамические элементы и др., называют сетями Петри. В них имеются вершины не одного, а двух типов — позиции и переходы. В позициях размещают маркеры, которые могут перемещаться по сети. Если набор маркеров достигает определенной пороговой конфигурации, переход срабатывает и происходит некоторое событие. Сети Петри могут моделировать достаточно сложные взаимоотношения событий, однако в строительстве применяются редко.



Основными **элементами** сетевых графиков являются:

- работы;
- события;
- ожидания;
- фиктивные работы;
- критический путь.



**Работа** — производственный процесс, специализированный поток, определяемый в соответствии с государственными сметными нормативами, изображается стрелкой. Работа требует затрат времени и ресурсов.

**Событие** выражает факт окончания одной или нескольких непосредственно предшествующих (входящих в событие) работ, необходимых для начала непосредственно следующих (выходящих из события) работ. Событие, стоящее в начале работы, называется начальным, а в конце — конечным. Начальное событие сетевого графика называется исходным, а конечное — завершающим.

Событие, не являющееся ни исходным, ни завершающим, называется промежуточным. В исходное событие сетевого графика не входит, а из завершающего не выходит ни одна работа. В отличие от работ, события совершаются мгновенно без потребления ресурсов.



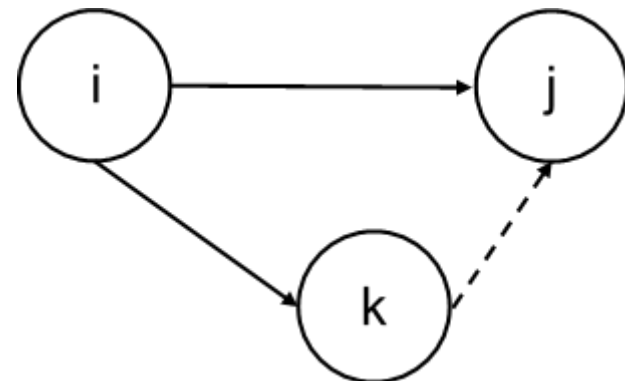
**Ожидание** — процесс, требующий только затрат времени и не потребляющий никаких материальных ресурсов (твердение бетона, сушка штукатурки и т. п.).

Ожидание, в сущности, является технологическим или организационным перерывом между работами, непосредственно выполняемыми друг за другом.

**Зависимость (фиктивная работа)** вводится для отражения технологической и организационной взаимосвязи работ и не требует ни времени, ни ресурсов.

Зависимость изображается пунктирной стрелкой. Она определяет последовательность свершения событий.

Фиктивные работы используют для обозначения параллельных работ, т.е. в случаях, когда одно событие служит началом нескольких работ, заканчивающихся каким-либо общим для них событием. Кодирование различных работ одинаковыми шифрами не допускается. Пример неправильного изображения параллельно выполняемых работ на сетевом графике приведен на рисунке СЛЕВА, а правильного – на рисунке СПРАВА.

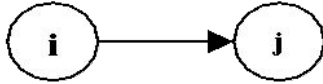


Под **путём** понимают любую последовательность работ в сетевом графике, при которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием последующей. Продолжительность пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ.

Путь от исходного к завершающему событию называется **полным**.

**Критическим** называют **полный** путь, имеющий наибольшую длину (продолжительность) из всех полных путей между исходным и завершающим событием. Продолжительность строительства не может быть меньше данного значения критического пути. Критических путей может быть несколько. Если критическое время не соответствует заданному или нормативному, сокращение сроков производственного процесса необходимо начинать с сокращения продолжительности критических работ.

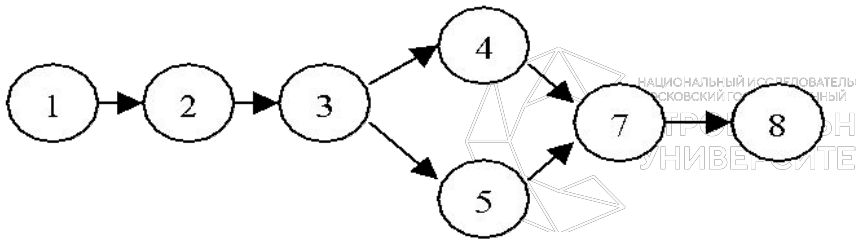
# ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ



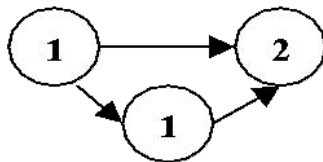
5. Работа должна начинаться на начальном и заканчиваться на конечном событиях. Номера начального и конечного событий –  $i, j$ .



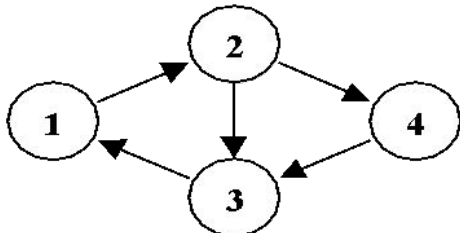
6. Номер события, номер работы и номер следующей работы больше номера конечного события предшествующей работы.  $1 < 2 < 3$ .



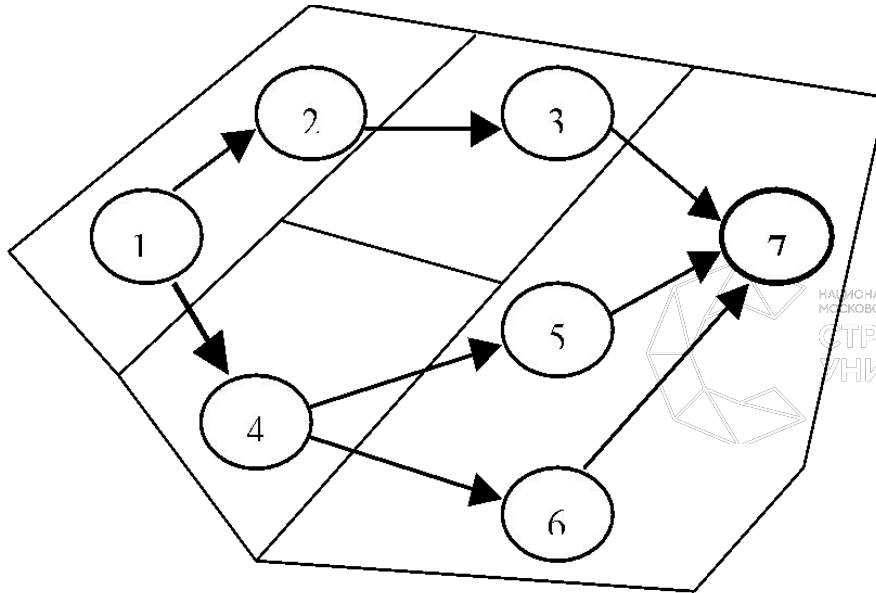
7. Номер начального, начального события имеет наименьшее значение.  $N=1=\min$ . Номер завершающего, конечного события имеет максимальное значение.  $K=8=\max$ .



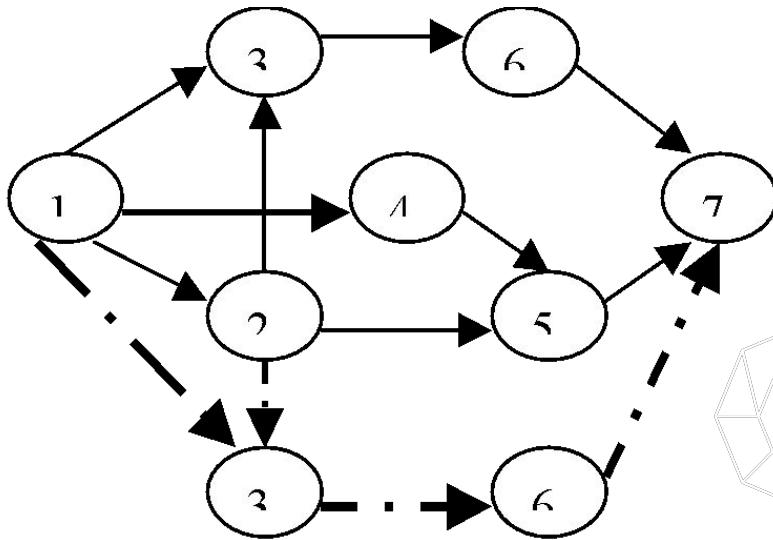
8. Не должно быть повторения номеров событий.



9. В структуре графа не должно быть замкнутых циклов. Не может быть работа, номер начального события больше, чем номер конечного события. По той же причине не может быть в графе работы 43.

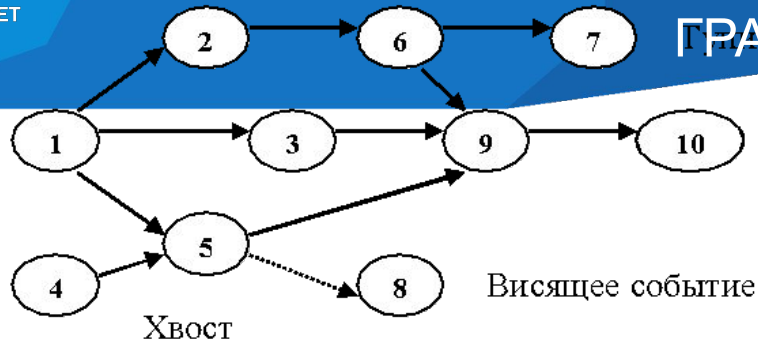


10. Сетевой график строится от начала к концу. Построению подлежат только последовательно выполняемые работы. Завершающее событие объединяет выполнение всех работ комплекса. Номера событий проставляются обычно после построения графа. При этом соблюдается правило возрастания номеров событий (6)



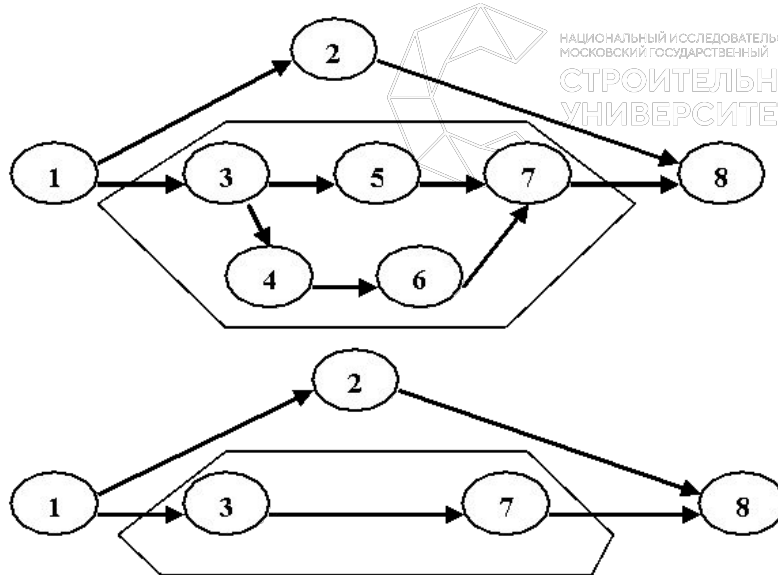
11. Структура сетевого графа должна быть простой и показывать взаимосвязи работ. Пересечение векторов работ необходимо избегать, или их должно быть как можно меньше. Пересечение работ 14 и 23 можно избежать, если перенести путь 1-3-6-7 вниз, как это изображено штрих-пунктирными линиями.

# ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФОВ



12. В одноцелевом сетевом графе не должно быть «тупиков», как б7, - работ, которые не являются началом для других работ (кроме завершающей) и «хвостов», как 45, - работ, которые не являются результатом других работ, кроме исходной.

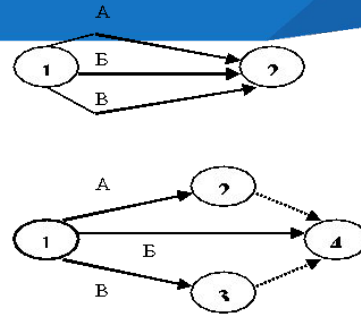
В сетевом графе не может быть висящих событий, как событие 8. Если в сетевой граф входит действующая работа (15), а выходит фиктивная (58), то событие может быть упущено.



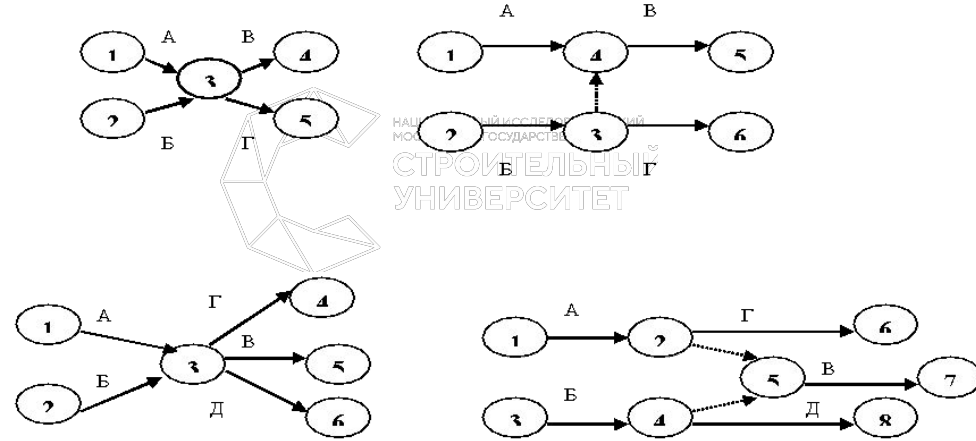
13. Если совокупность работ (34, 35, 46, 57, 67 на верхнем графе) имеет одно общее исходное событие (3) и одно общее завершающее событие (7), то в этом случае данная совокупность работ может быть заменена одной работой (37 на нижнем графе).

Использование этого правила позволяет упрощать граф или усложнять его, расшифровывая порядок выполнения некоторых работ. Выделенная совокупность работ может рассматриваться, как самостоятельный граф.

# ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ



14. При выполнении параллельных работ, когда моменты их начала и окончания совпадают, сетевая модель может выглядеть так, как это показано на верхнем графе. В этом случае обозначение всех трех работ А, Б и В будет одинаковым 1-2, что недопустимо. Поэтому в граф последовательно с работами А и В вводятся фиктивные работы, имеющие продолжительность равную нулю ( $t_{24}=t_{34}=0$ ). Теперь обозначения всех работ отличны. Работа А - 12, работа Б - 14, работа В - 13.

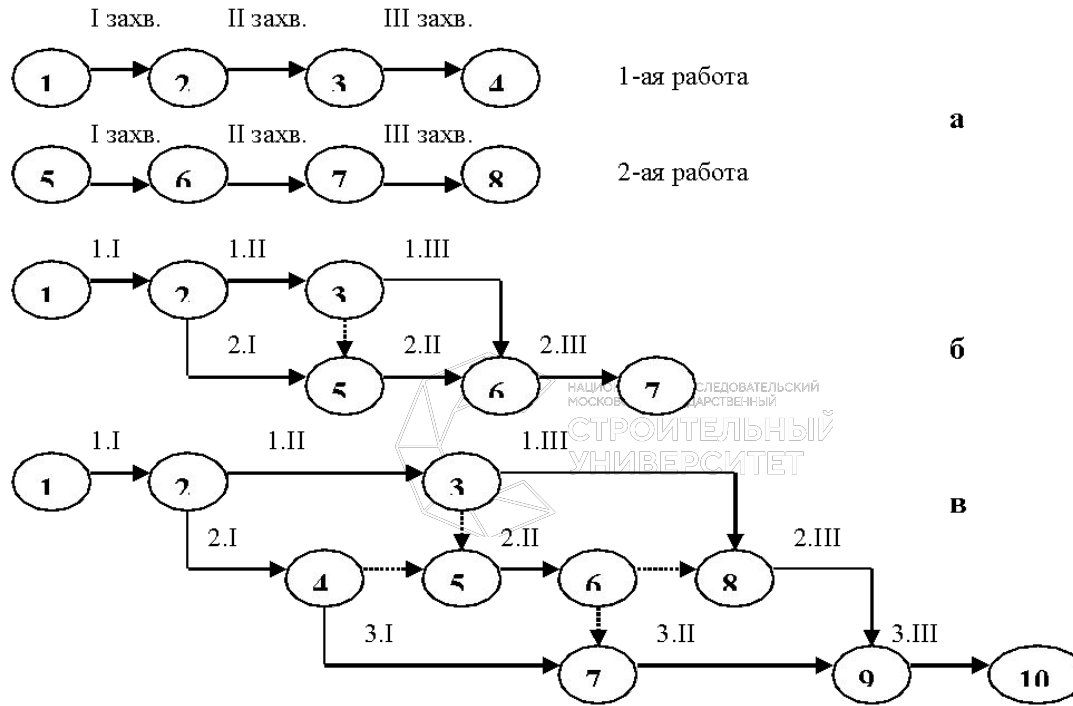


15. Фиктивные работы позволяют определять строгую последовательность выполнения работ, указывать на причинно-следственные связи в модели.

Пример 1. Если после выполнения работ А и Б нужно начать выполнение работы В, а выполнение работы Г зависит только от работы Б, то левый граф ничего не проясняет. В граф необходимо ввести фиктивную работу 34. Так как граф направленный, то его реализация против направления векторов невозможен. Теперь работа В связана с А и Б (через фиктивную работу 34), а работа Г только с Б (связи с работой А против направления вектора фиктивной работы нет).

Пример 2. Если после окончания работ А и Б необходимо начать работу В, а работа Г выполняется только после А, а Д только после Б, то левый граф также не может принести пользы. В граф необходимо добавить две фиктивные работы 25 и 45. Теперь, если двигаться строго по направлению векторов, очевидно, что работа Г следует только работе А, а работа Д только работе Б.





16. При организации поточного производства сетевой график строится в соответствии с разбиением фронта работ на захваты и требованием ввода фиктивных работ для определения перехода работ. (а) – графы 2-х работ на 3-х захватках, не объединенные в единый граф; б) – единый граф двух частных потоков; в) – граф трех частных потоков, 3 работы на 3-х захватках.

Недостатком обычного сетевого графика является **невозможность начинать новую работу после частичного выполнения предыдущих**: для этого предыдущие работы надо разбивать на части с образованием нового промежуточного события. Аналогичные сложности вызывает **необходимость моделирования взаимозависимости протекания нескольких параллельных процессов**. Этих недостатков можно избежать, применив упомянутые выше обобщенные сетевые графики.

При корректировке графиков в первую очередь стараются совершить маневр ресурсами, т.е. **увеличить численность исполнителей на тех работах, на которых наметилось отставание**. Однако следует иметь в виду, что в ряде случаев может быть изменена и последовательность работ. В любом случае график подлежит пересчету. При этом изменяются ранние или поздние сроки начала и завершения работ, могут появиться новые работы на критическом пути.

- продолжительность выполнения рассматриваемой работы –  $t_{i-j}$ ;
- продолжительность критического пути –  $T_{\text{КР}}$  – пути наибольшей длины между исходными и завершающими событиями;
- раннее начало работы –  $t_{i-j}^{\text{PH}}$  – самое раннее время начала работы, определяется продолжительностью самого длинного пути от начального события до предшествующего события данной работы:

$$t_{i-j}^{\text{PH}} = \max \sum t_{h-i}$$

- раннее окончание работы –  $t_{i-j}^{\text{PO}}$  – время окончания работы, если она начата в ранний срок:

$$t_{i-j}^{\text{PO}} = t_{i-j}^{\text{PH}} + t_{i-j}$$

– позднее начало работы –  $t_{i-j}^{ПН}$  – самое позднее время начала работы, которое не вызовет задержки окончания работ, определяется разностью продолжительности критического пути и самого длинного пути от предшествующего события данной работы до конечного события:

$$t_{i-j}^{ПН} = T_{КР} - (t_{i-j} + \max \sum t_{j-k})$$

– позднее окончание работы –  $t_{i-j}^{ПО}$  – время окончания работы, если она начата в поздний срок:

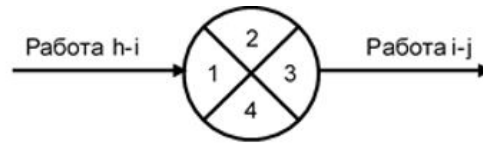
$$t_{i-j}^{ПО} = t_{i-j}^{ПН} + t_{i-j}$$

– общий резерв времени данной работы –  $R_{i-j}^O$  – это наибольшее время, на которое можно перенести начало работы или увеличить её продолжительность без изменения общего срока выполнения работ:

$$R_{i-j}^O = t_{i-j}^{ПН} - t_{i-j}^{РН} = t_{i-j}^{ПО} - t_{i-j}^{РО}$$

– частный резерв времени данной работы –  $R_{i-j}^Ч$  – это наибольшее время, на которое можно перенести выполнение данной работы, не меняя раннего начала последующей. Этот резерв возможен только тогда, когда в событие входят две или более работы (зависимости), т.е. на него направлены две или более стрелки (сплошные или пунктирные). Тогда лишь у одной из этих работ раннее окончание будет совпадать с ранним началом последующей работы, для остальных же это будут разные значения. Эта разница у каждой работы и будет ее частным резервом.

$$R_{i-j}^Ч = t_{j-k}^{РН} - t_{i-j}^{РО}$$



1 – раннее свершение события  $i$  / раннее начало работы –  $t_{i-j}^{PH}$

2 – номер события  $i$

3 – позднее свершение события  $i$  / позднее окончание работы –  $t_{h-i}^{ПО}$

4 – код предшествующего события, через которое проходит путь максимальной продолжительности к данному событию.

Порядок расчета:

1. У исходного события в левом секторе ставят нуль.
2. При движении слева направо от исходного события к конечному для каждого следующего события в левом секторе записывают число, равное сумме значения раннего срока свершения предыдущего события и продолжительности работы.

Если в событие входит две или более работ, то рассчитывают значение каждой из них, но в левый сектор переносят только максимальное значение из всех полученных.

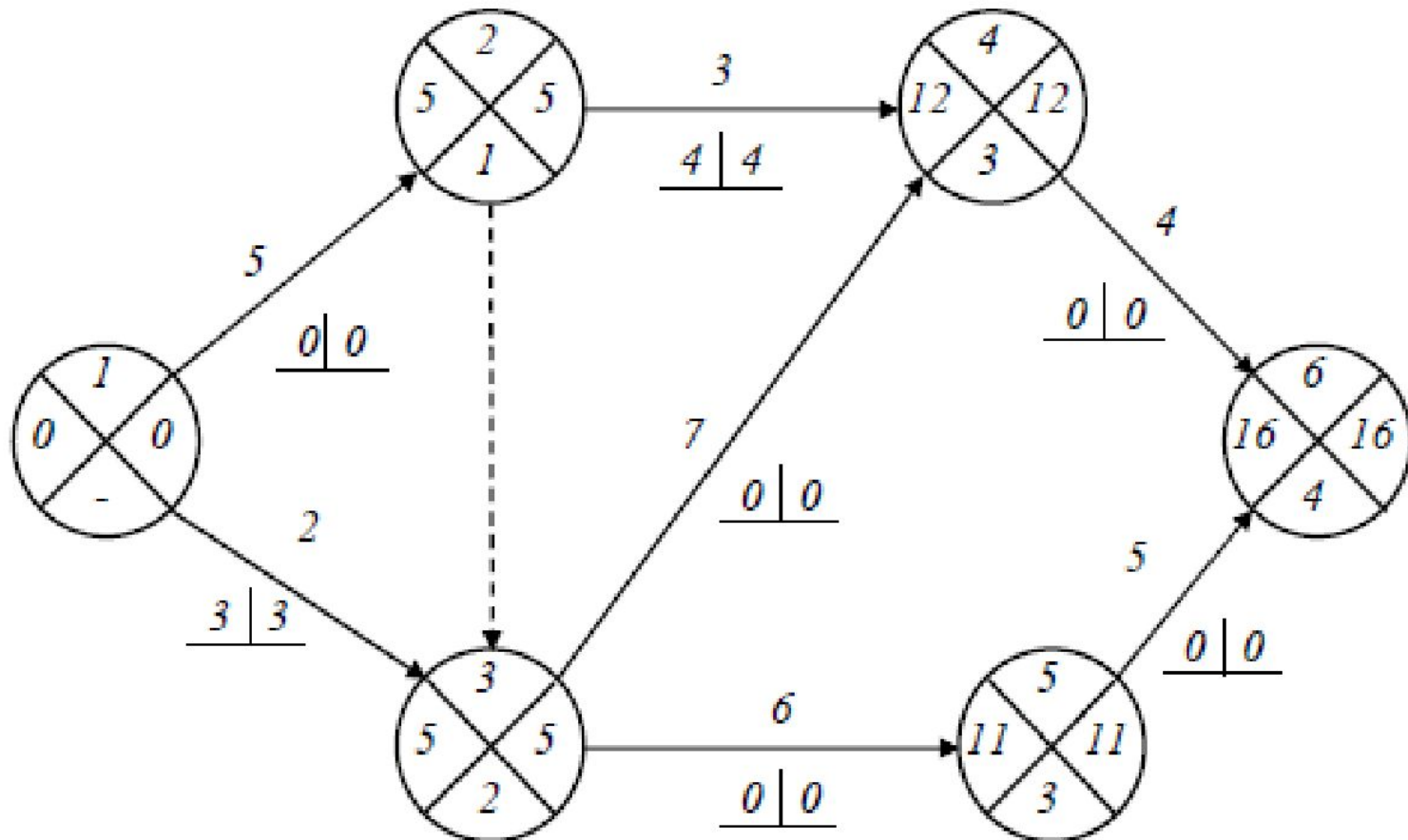
3. В завершающем событии значение, записанное в левом секторе, определяющее длину критического пути, переносят в правый сектор.

4. Ходом справа налево от завершающего события к исходному находим значение позднего окончания работы путем вычитания из значения поздних сроков свершения конечного события (правый сектор) продолжительности предшествующих им работ. Результат записываем в правый сектор. В отличие от расчета ранних сроков (левый сектор), если из события выходит две или более работ, принимают не максимальное, а минимальное значение.

5. Общий резерв времени для любой работы определяют вычитанием из значения правого сектора конечного события данной работы (куда работа входит), суммы значений левого сектора начального события данной работы (откуда работа выходит) и ее продолжительности.

6. Частный резерв для любой работы определяют вычитанием из значения левого сектора конечного события данной работы (куда входит работа), суммы значений левого сектора начального события (откуда работа выходит) и продолжительности данной работы.

7. Критический путь проходит через события, в которых значения в левом и правом секторах совпадают. Полный и частный резерв времени для работ критического пути равен нулю.



В графу 3 заносится шифр (код) каждой работы, запись ведется последовательно, начиная с первого события. Когда из события выходит несколько работ, запись производим в порядке возрастания номеров их конечных событий. После этой процедуры в графу 2 записываются номера событий, предшествующих каждой работе.

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

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



Максимальное раннее окончание последней работы равно величине критического пути.

Дальше заполняются графы 7 и 8. Позднее начало и окончание записываем в таблицу, начиная с конца графы.

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

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

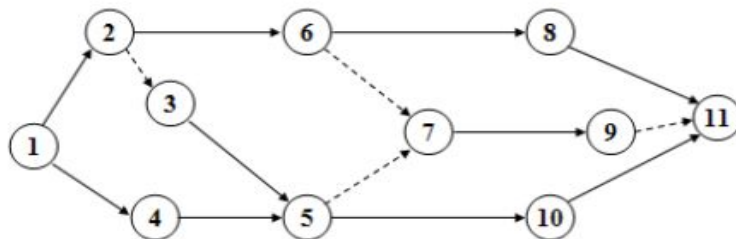
Частный резерв (графа 10) подсчитывается как разница между ранним началом последующей работы и ранним окончанием данной. При заполнении данной графы необходимо учитывать следующее, если в конечное событие данной работы входит только одна стрелка, то частный резерв её равен нулю.

Для работ, не лежащих на критическом пути, но входящих в события, лежащие на нем, общие и частные резервы численно равны.

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

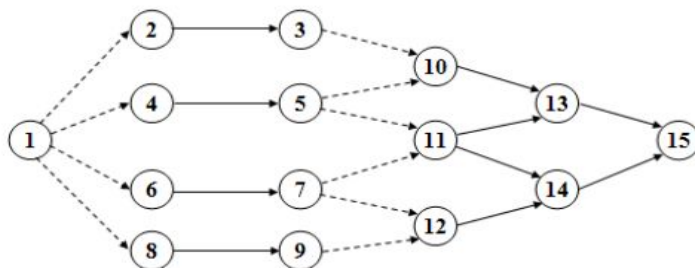
Продолжительность заданных работ

Вариант	Шифр работ									
	1-2	1-4	3-5	4-5	2-6	5-10	6-8	7-9	8-11	10-11
Продолжительность работ	2	8	8	10	2	6	4	4	4	1



Расчет параметров сетевой модели табличным способом по варианту 1

№ п/п	Номер предшествующего события	Шифр работы	$t$	$T^{PH}$	$T^{PO}$	$T^{PH}$	$T^{PO}$	$R^O$	$R^H$
1	—	1-2	2	0	2	8	10	8	0
2	—	1-4	8	0	8	0	8	0	0
3	1	2-3	0	2	2	10	10	8	0
4	1	2-6	2	2	4	15	17	13	0
5	2	3-5	8	2	10	10	18	8	8
6	1	4-5	10	8	18	8	18	0	0
7	3; 4	5-7	0	18	18	21	21	3	0
8	3; 4	5-10	6	18	24	18	24	0	0
9	6	6-7	0	4	4	21	21	17	14
10	2	6-8	4	4	8	17	21	13	0
11	5; 6	7-9	4	18	22	21	25	3	0
12	6	8-11	4	8	12	21	25	13	13
13	7	9-11	0	22	22	25	25	3	3
14	5	10-11	1	24	25	24	25	0	0

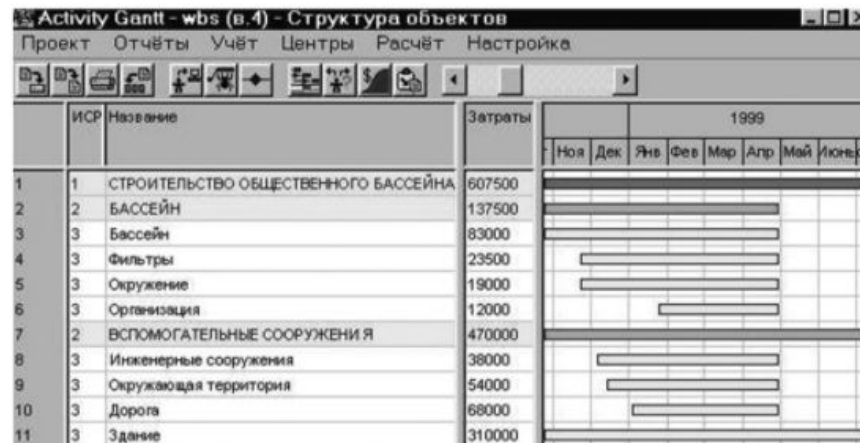


Расчет параметров сетевой модели табличным способом

2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер предшествующего события	Шифр работы	$t$	$T^{рн}$	$T^{ро}$	$T^{пн}$	$T^{по}$	$R^o$	$R^ч$
—	1-2	0	0	0	9	9	9	0
	1-4	0	0	0	0	0	0	0
	1-6	0	0	0	4	4	4	0
	1-8	0	0	0	0	0	0	0
1	2-3	3	0	3	9	12	9	0
	4-5	8	0	8	0	8	0	0
	6-7	3	0	3	4	7	4	0
	8-9	7	0	7	0	7	0	0
2	3-10	0	3	3	12	12	9	5
4	5-10	0	8	8	12	12	4	0
	5-11	0	8	8	8	8	0	0
6	7-11	0	3	3	8	8	5	5
	7-12	0	3	3	7	7	4	4
8	9-12	0	7	7	7	7	0	0
3; 5	10-13	5	8	13	12	17	4	4
5; 7	11-13	9	8	17	8	17	0	0
5; 7	11-14	5	8	13	11	16	3	3
7; 9	12-14	9	7	16	7	16	0	0
10; 11	13-15	5	17	22	17	22	0	0
11; 12	14-15	6	16	22	16	22	0	0

Основное назначение сетевых графиков — расчет календарных планов в составе ПОС, ПОД и ППР, а также управление сроками строительства.

Календарный план крупных строек выполняется, как правило, с помощью компьютерных программ, реализующих принципы расчета сетевых графиков. Известно несколько зарубежных и отечественных компьютерных систем сетевого планирования и управления (**Primavera, Time Line, Microsoft Project, Спайдер проджект и др.**). Составитель графика обычно видит только работы (по типу линейной диаграммы) и не видит событий; это позволяет улучшать восприятие на экране компьютера. Вообще говоря, линейная диаграмма является выходной формой сетевого графика. На ней могут быть показаны начальные и конечные даты работ, трудовые и стоимостные затраты, а также интегральные показатели.





# ПОТОЧНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО



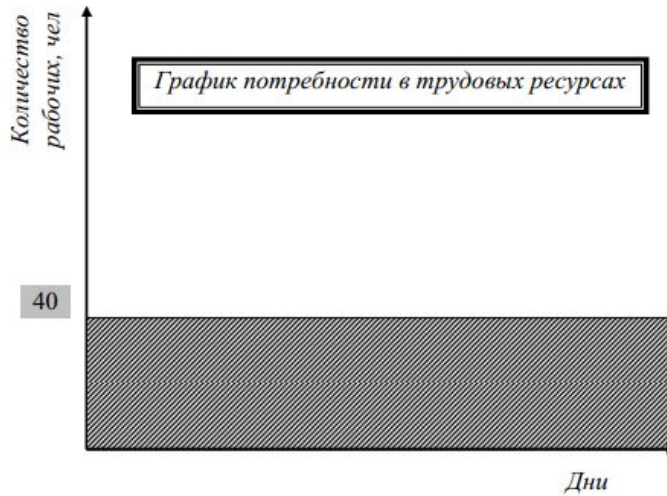
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

На рис. показан график производства работ последовательным методом, который характеризуется тем, что все работы программы выполняются последовательно.

Принимая условно длительность производства всех работ 8 рабочих дней, трудоемкость процессов на каждом ОПМ 400 чел.-дн., получаем, что количество рабочих на каждой работе составит 50 человек. Такая организация выполнения программы работ имеет следующие особенности: сравнительно большая продолжительность работ, прерывное выполнение однотипных операций в составе работ, но концентрация ресурсов имеет относительно низкую интенсивность.

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





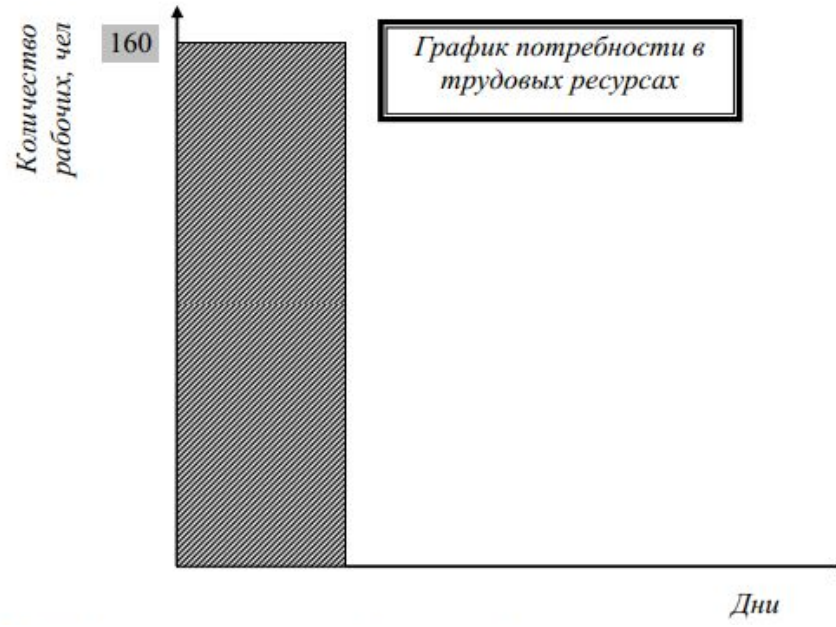
## ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

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



# МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

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



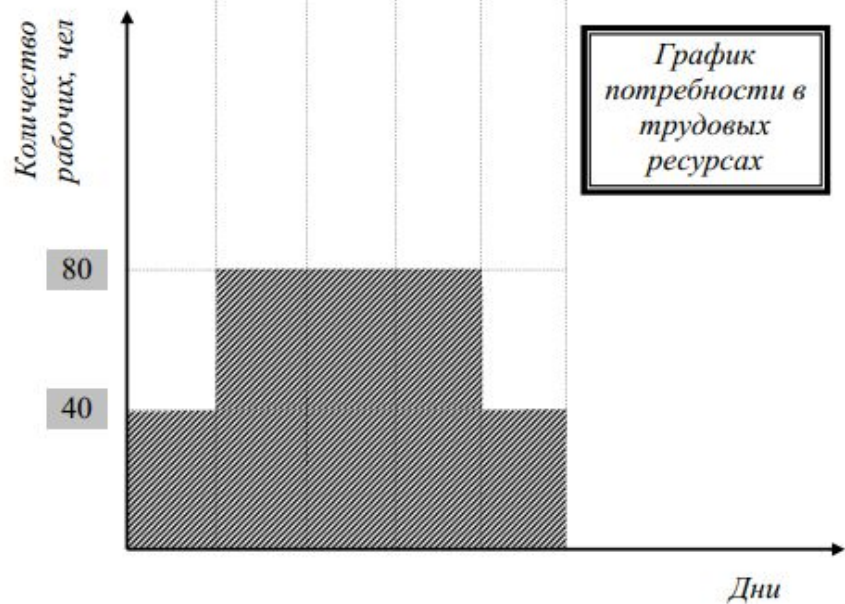
## ПОТОЧНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

При поточном методе производства все работы разделяются на несколько составных частей. Для каждой из которых назначают по возможности одинаковую продолжительность, и совмещают выполнение этих частей во времени, обеспечивая тем самым последовательное осуществление однотипных работ и параллельное – разнотипных. На рис. 2.3 показан случай поточного производства работ с разбивкой работы на две равные по продолжительности

части.

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

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



В основе технологии поточного метода лежит разбивка объекта на захваты и разделение процесса производства на частные, специализированные или объектные потоки, каждый из которых выполняется отдельной бригадой постоянного состава за определенный период времени. Затем происходит совмещение потоков во времени и пространстве. В результате обеспечивается последовательное выполнение однородных процессов и параллельное — разнородных. Разбивка объекта на захваты является пространственным инструментом разбиения, совпадает с конструктивным членением здания по температурным и осадочным швам секциями, пролетами и т.д.

**Захватка** – организационно-пространственный модуль, участок фронта работ с повторяющимися производственными процессами, составом и объемом работ, на котором расположены основные производственные средства, выполняющие одну или несколько совмещенных по времени рабочих операций специализированного потока, с помощью которого реализуется поточный метод организации строительства.

Потоки, используемые в поточном методе строительства, имеют характерные особенности, подразделяются по видам конечной продукции, продолжительности и ритмичности.

## ПО ВИДАМ КОНЕЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Частный поток** — элементарный строительный поток, который представляет собой выполнение одного строительного процесса на ряде захваток. Продукция частного потока — работы или элементы конструкций зданий.

**Специализированный поток** — совокупность частных потоков, совместной продукцией которых являются либо законченный конструктивный элемент, либо комплекс работ.

**Объектный поток** — совокупность специализированных потоков, совместной продукцией которых является либо отдельное здание, либо группа одинаковых зданий или сооружений.

**Комплексный поток** — группа организационно связанных между собой объектных потоков, совместной продукцией которых является комплекс зданий и сооружений.

## ПО РИТМИЧНОСТИ

**Ритмичный** – в котором все составляющие потоки имеют единый ритм, т. е. продолжительность выполнения работ каждой отдельной бригадой на частных фронтах работ одинакова.

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

Частным случаем неритмичных потоков являются **кратноритмичные потоки** – это потоки, у которых ритмы отдельных процессов постоянны, а ритмы смежных процессов кратны друг другу или кратны некоторому целому числу.

**Неритмичный** – в котором продолжительность выполнения каждой отдельной бригадой работ на частных фронтах неодинакова.

Неритмичные строительные потоки проектируют для возведения объектов со сложной конфигурацией в плане, при различных высотах их помещений (цехов) и неравномерном распределении объемов работ в пространстве. Такие объекты трудно расчленить на захваты (участки), равные по трудоемкости. Поэтому продолжительности выполнения работ на захватках отдельными бригадами, которые в процессе возведения объекта имеют постоянный численный состав, различны.

## Пространственные параметры:

- **захватка (m)** — часть здания или его конструктивного элемента, в пределах которого развиваются и увязываются между собой частные потоки, входящие в состав специализированного потока;
- **участок** — часть возводимого здания, в пределах которого развиваются взаимосвязанные специализированные потоки, входящие в состав объектного потока;
- **делянка** — фронт работы одной бригады;
- **ярус** — участок условного деления объекта по вертикали.

## Технологические параметры:

- **число потоков (n)** — количество частных потоков в составе специализированного потока;
- **объем работ (V)** — количество выполняемой работы в физических единицах измерения;
- **трудоемкость (Q)** — затраты труда на выполнение работы, чел-дн.;
- **интенсивность (I)** — количество продукции, выпускаемое строительным потоком за единицу времени.



## Временные параметры:

- **ритм потока ( $t$ )** — продолжительность работы бригады на одной захватке;
- **шаг потока ( $k, t_p$ )** — промежуток времени между началом работ двух смежных частных потоков;
- **период развертывания потока ( $t_p$ )** — время, в течение которого в работу включаются все потоки;
- **период выпуска продукции ( $T_{пр}$ )** — время, в течение которого выпускается готовая строительная продукция;
- **технологический (организационный) перерыв ( $t_{пер}$ )** — промежуток времени между окончанием предыдущего и началом последующего поток.

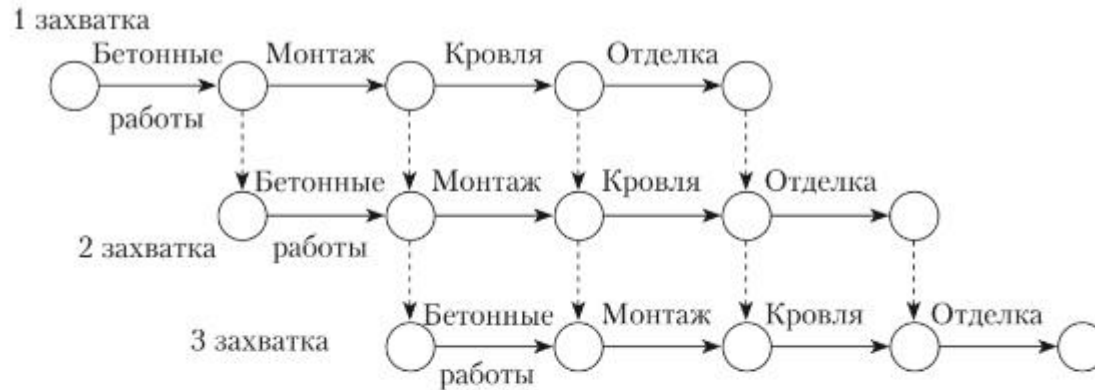


Рис. 33.2. Сетевой график потока с лишними зависимостями

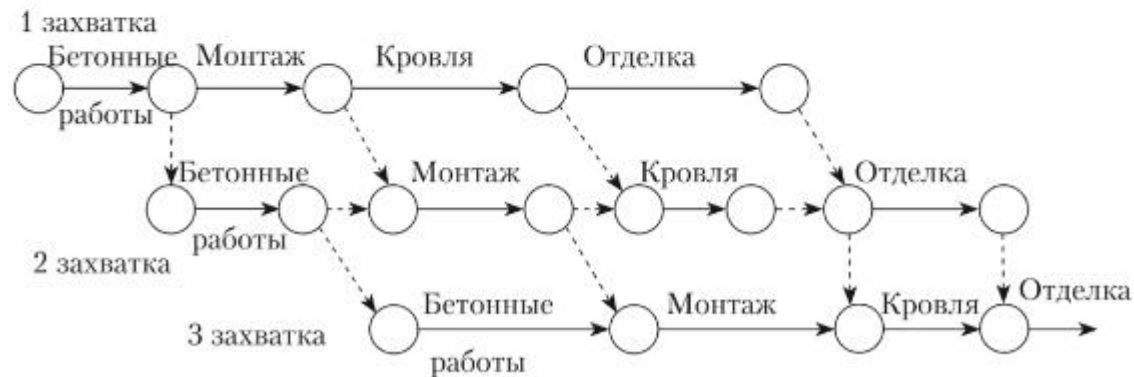


Рис. 33.3. Корректный сетевой график потока



**Спасибо за внимание!**