

УДК 69.05:658.012.2

Антипенко Е.Ю., Доненко И.В.

## АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

*Введение:* Для описания систем управления на практике используется ряд формализованных методов, которые в разной степени обеспечивают изучение функционирования систем во времени, изучение схем управления, состава операций (работ), их подчиненности и т.д.

В настоящее время разработано и опробовано целый ряд различных методик обследования и систем управления, разработкой которых занимались следующие ведущие ученые Кирнос В.М., Олейник П.П., Павлов И.Д. [2], Пищаленко Ю.А., Радкевич А.В. [2], Тянь Р.Б. [4], Уваров Е.П., Ушацкий С.А. [1] Черненко В.К., однако вопросы выбора эффективного способа отображения для исследования именно строительных проектов (СП) остаются еще слабо изученными.

*Постановка задачи:* Моделирование какого-либо объекта заключается в замене исходного объекта такой моделью, исследование которой можно провести эффективнее, т.е. легче, доступнее, быстрее, дешевле и т.д.

Существует много разновидностей моделей: графики и таблицы, физические модели, логические и математические выражения, машинные модели и имитационные модели.

Выбор конкретного метода формализованного описания, системы управления зависит от того, в каких условиях осуществляется обследование, какова ответственность исполнителей за принимаемые решения, и какова степень регламентации управления в организации, которая проводит предпроектные исследования.

*Материалы исследования:* Разработка и реализация СП проходит длительный путь от первоначальной идеи до эксплуатации объекта. На стадии технико-экономического обоснования СП разрабатывается предварительный план его реализации. Формальное и детальное планирование проекта начинается после принятия решения об его выполнении. Определяются ключевые события проекта, формируются СМР и их взаимная зависимость. Именно на этом этапе аналитик (эксперт) использует набор средств для формализованного представления СП – организационно-технологической модели (ОТМ) проекта.

Организационно-технологическая модель необходима для графического представления совокупности строительного-монтажных работ (СМР). ОТМ имеет определенную структуру, технологическую и организационную

последовательность выполнения во времени и пространстве работ при строительстве зданий и сооружений (комплекса объектов).

Широкое распространение при построении моделей строительных проектов получили графические методы, как наиболее универсальные и дающие обзримую информацию о ходе работ. К таким организационно-технологическим моделям относятся:

- линейные графики (диаграммы) Гантта;
- циклограммы;
- сетевые модели.

Рассмотрим преимущества и недостатки каждого вида *ОТМ*.

*Линейные графики Гантта* – линейные диаграммы, позволяющие наглядно отображать взаимосвязь и последовательность выполнения *СМР* во времени. Они являются первыми и наиболее простыми *ОТМ* отображения процессов сооружения объектов строительства [1]. На таких графиках горизонтальными отрезками отображаются последовательность и сроки выполнения соответствующих работ *СП* с указанием объема работ и числа исполнителей [4].

В общем виде графики Гантта можно представить следующим образом:

$$T_{pl} = \{T_i^n, T_i^k\} \quad (1)$$

где  $T_{pl}$  – план выполнения строительного проекта;

$T_i^n, T_i^k$  – начало и конец  $i$  – й работы;

$i = 1, 2, \dots, u$  – индекс работы в плане реализации проекта.

Диаграммы Гантта применяются для анализа, разработки и отслеживания календарных планов возведения зданий и сооружений, которые имеют несложные взаимосвязи между *СМР*. Их также можно применять как вспомогательные *ОТМ* при использовании более совершенных моделей планирования и управления строительных проектов.

Т ш.	2008												2009												2010							
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
30	—																															
23	—																															
64	—																															
12	—																															
235							—																									
15							—																									
12													—																			
4																			—													
110																			—													
80																									—							
168																									—							
130																									—							
3																									—							
13																									—							

Рис.1. Календарный план представленный в виде диаграммы Гантта

Недостатки данного вида *ОТМ* можно сформулировать следующим образом:

- большая трудоемкость и сложность при анализе, разработке и корректировке диаграммы Гантта в случае изменения условий реализации проекта;
- трудоемкость разработки графиков Гантта, исключающая возможность их использования для оперативного многовариантного исследования возможной продолжительности и разработки планов реализации проектов;
- недостаточная гибкость и однозначность линейной структуры графика;
- слабая наглядность существующих технологических взаимосвязей между отдельными работами проекта;
- линейные графики не отражают неопределенность, которая присуща строительному производству, а отображают статичную одновариантную структуру выполнения *СМР*;
- значительная трудность выявления работ, определяющих общую продолжительность выполнения проекта;

Недостатки линейных графиков Гантта перечисленные выше значительно ограничивают их использование при моделировании сложных строительных проектов.

*Циклограммы* – линейные *ОТМ*, возникшие вследствие дальнейшего развития диаграмм Гантта, на которых производственные работы (операции) представляются в виде наклонных линий, вычерченных в системе координат. Циклограммы используются для отображения графических и аналитических взаимосвязей работ поточного строительства с одновременным установлением графика выполнения проекта, в которых на сроки выполнения работ накладываются ограничения типа [3]:

$$T_i^n \geq l_i, \quad T_i^k \leq L_i \quad (2)$$

где  $l_i$  и  $L_i$  – моменты начала и окончания  $i$  – той работы.

*Циклограммы*, как и диаграммы Гантта, отображают статическую одновариантную схему выполнения работ проекта. Они трудоемки, для анализа, разработки и корректировки требуется много времени и использования высококвалифицированных специалистов. В связи с этим использование их на предпроектном этапе разработки проекта не рационально.

Наиболее распространенным типом *ОТМ*, применяемым в практике представления строительного проекта, наряду с линейными моделями и циклограммами, являются сетевые модели.

*Сетевая модель*, это такая *ОТМ*, которая отражает комплекс работ (операций) и событий, связанных с реализацией некоторого строительного проекта, в технологической и логической последовательности и связи.

Математическое описание сетевой модели выполнения СП можно представить так:

$$\begin{cases} T_i^n - T_i^k \geq 0 \\ T_j^k - T_i^n \geq t_{ij} \end{cases} \quad (3)$$

где  $i, j = 1, 2, \dots, u$ , при чем  $i$  – я работа предшествует  $j$ -й, т.е.  $i > j$ .

$t_{ij}$  – продолжительность работы  $(i, j)$ .

С точки зрения теории графов, *сетевая модель* рассматривается как, ориентированный ациклический граф без тупиков и висячих вершин  $G(U, A)$ , где  $U = (1, 2, \dots, u)$  – множество вершин с упорядоченной нумерацией (отождествляемых с событиями),  $A$  – множество направленных дуг  $(i, j)$ , где  $i$  – индекс начальной, а  $j$  – конечной вершин дуги (которые отождествляются с работами) [2].

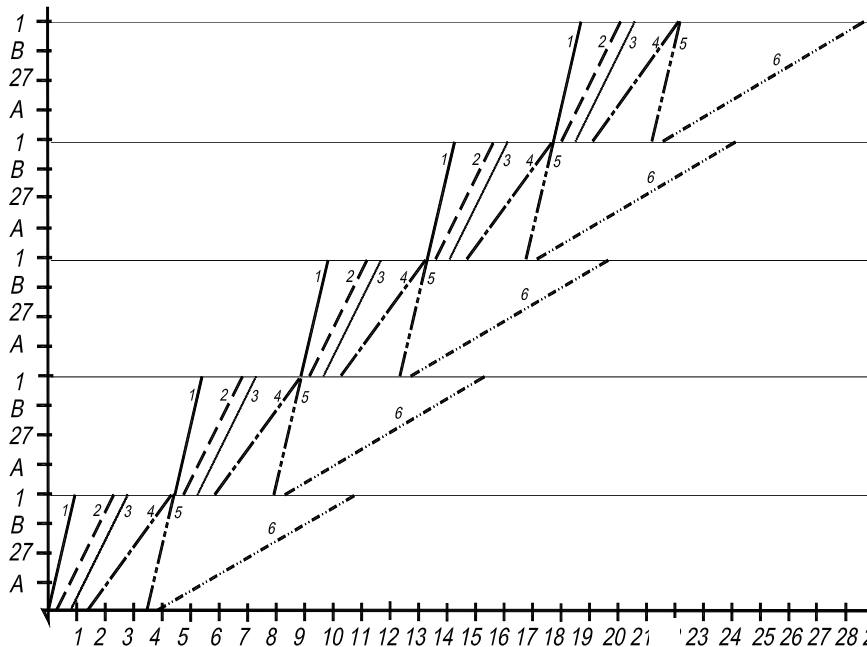


Рис.2. Календарный план представленный в виде циклограммы

В системе сетевого планирования и управления (СПУ) *сетевая модель* – графическое изображение календарного плана проекта, которое получило в литературе название сетевого графика, сети, графа, стрелочной или логической диаграммы и др.

На практике используются многие разновидности данного типа ОТМ, которые можно классифицировать по различным признакам. В зависимости от цели моделирования сетевые модели могут быть ориентированы либо на события, либо на операции, либо на операции и события:

*Сетевая модель, ориентированная на события* (в терминах событий) – это сеть, которой вершинам соотносятся события, а дугам – связи между ними (см.рис.3.а).

*Сетевая модель, ориентированная на операции* (в терминах операций) – это сеть, в которой вершинам соотносятся операции, а дугам – связи между ними (см.рис.3.б).

*Сетевая модель, ориентированная на операции и события* (в терминах операций и событий) – это сеть, в которой вершинам сопоставлены события, а дугам – операции (см.рис.3.в).

На рис.3 представлены сетевые графики сетевых моделей. Эти модели составлены для одного и того же комплекса операций, включающего 14 операций и одну логическую связь (15). Вершины графа изображаются на графике геометрическими фигурами, а дуги – сплошными и штриховыми стрелками. При этом вершины, сопоставленные событиям, обычно изображаются кружками, а сопоставленные операциям – квадратами или прямоугольниками. Номера вершин проставляются внутри соответствующих фигур. Связи между событиями в сетевой модели в терминах событий и действительные операции в сетевой модели в терминах операций и событий изображаются сплошными линиями со стрелками, фиктивные операции – штриховыми линиями со стрелками. Длительность операций на сетевом графике в терминах операций проставляются у вершин, а на сетевом графике в терминах операций и событий – над соответствующими дугами.

Указанные три разновидности сетевых моделей по-разному отражают содержание управленческой деятельности:

1. Если сетевая модель построена только в терминах событий, в них фиксируются факты окончания определенных работ, она может быть информативна и точно отражать содержание управленческой деятельности по проекту, однако моделировать во времени такую деятельность затруднительно, но в этом также есть большая необходимость.

2. Если сетевая модель представлена в терминах работ, то она позволяет решать много управленческих проблем: моделировать работу во времени, анализировать информационные потоки, приступить к распределению работ между исполнителями, т.е. анализировать информационное обеспечение проекта при решении конкретной управленческой проблемы.

3. Наиболее полной является сетевая модель, построенная в терминах работ и событий. Она фиксирует состав управленческой деятельности, фиксирует определенные ее стадии, взаимосвязи между стадиями и их результаты. В то же время такая сеть не позволяет исследовать информационное содержание управления на уровне документов, т.к. каждая из работ, указанная в сети, как правило, оформляется многими документами. Тем не менее, недостаток сетевой модели во многом компенсируется возможностью

качественного анализа управленческой деятельности и ее моделированием во времени как вручную так и с использованием ЭВМ.

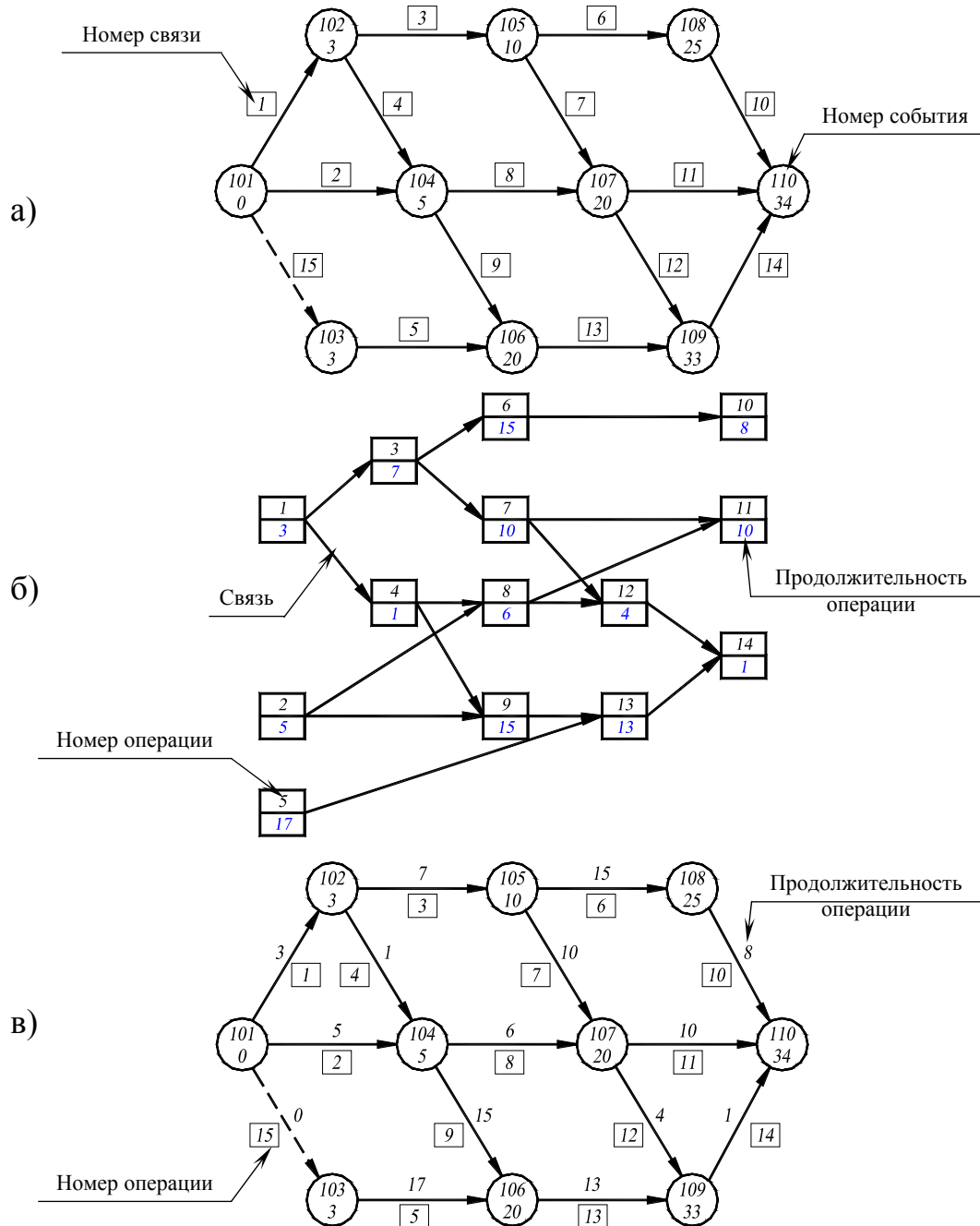


Рис.3. Сетевые графики сетевых моделей, ориентированных на:  
а – события; б – операции; в – операции и события

Преимущества использования сетевых моделей сформулируем следующим образом:

1. Сетевые модели могут точно описать многие реально существующие системы;

2. Руководителю предприятия или организации, легче понимать сетевую модель, чем абстрактные формулы и зависимости;

3. Для людей, не занимающихся научной работой, сетевые модели являются более понятными, чем любые другие модели, используемые в исследовании операций;

4. При использовании методов сетевого анализа часто удается ограничиться изучением лишь части рассматриваемой системы.

5. Разработанные сетевые алгоритмы позволяют находить эффективные решения при изучении больших систем;

6. Алгоритмы на сети по сравнению с другими методами оптимизации позволяют решать задачи с большим числом переменных и ограничений;

7. Количественные параметры, задаваемые на элементах сети, обеспечивают возможность углубленного, комплексного анализа ряда важнейших характеристик строительного проекта при планировании и управлении;

Важным отличием сетевых моделей от диаграмм Ганта и циклограмм является то, что при необходимости корректировки сроков выполнения *СМР*, сетевые модели позволяют исследовать продолжительность строительства объекта без изменения ее топологии, а за счет изменения ранних сроков начала, окончания работ и резервов времени их выполнения.

*Выводы:* Методы сетевого моделирования относятся к методам принятия оптимальных решений, что оправдывает рассмотрение этого типа моделей в качестве основных при построении организационно–технологической модели строительного проекта.

С помощью сетевых моделей, можно в единой модели отразить взаимосвязанно весь процесс от появления идеи о проекте до его выполнения, произвести его информационное описание, соответствующее установленным критериям и правилам выбора, осуществить поиск наиболее эффективного варианта.

Однако необходимо отметить, что возможности сетевых методов, не охватывают всей проблемы планирования и управления строительными проектами. Поэтому их следует применять в сочетании с другими экономико–математическими методами теории планирования и управления строительными проектами, которые позволяют решать задачи, не рассматриваемые сетевым аппаратом.

Список используемой литературы:

1. Організація, зведення і реконструкція будівель та споруд / С.А. Ушацький, В.Г. Лубенець, В.М. Майданов та ін.; За ред. С.А. Ушацького. – К.: Вища школа, 1992. – 182 с.

2. Павлов И.Д., Брехаря Г.П., Радкевич А.В. Модели принятия управленческих решений / Запорожский национальный ун-т. – Запорожье: ЗНУ, 2005. — 321с.
3. Расчет и оптимизация поточных методов организации строительства: Учеб. пособие / В.А. Афанасьев и др. – Л.: ЛИСИ, 1990. – 113 с.
4. Тянь Р.Б., Чернышук Н.М. Организация производства – Дн.: Наука и образование, 1999. – 236 с.
5. Филлипс Л., Гарсия–Диас А. Методы анализа сетей: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 490 с.

### **Аннотация**

В статье рассматриваются существующие методы организационно-технологических моделей представления проектов строительной отрасли. Приведены преимущества и недостатки рассмотренных методов. Выделены сетевые методы моделирования, как основные при построении организационно–технологической моделей строительного проекта.

### **Анотація**

У статті розглядаються існуючі методи організаційно-технологічних моделей подання проектів будівельної галузі. Наведено переваги і недоліки розглянутих методів. Виділено мережеві методи моделювання, як основні при побудові організаційно-технологічної моделей будівельного проекту

### **Annotation**

The article deals with the existing methods of organizational and technological models for submission of draft construction industry. We present the advantages and disadvantages of these methods is given. Are allocated network modeling techniques, as in the construction of major organizational and technological models of the construction project.