

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский Национальный технический университет

Кафедра кибернетики
и вычислительной техники

**Методические указания
к лабораторным работам
по дисциплине «Автоматизация проектирования
сложных систем»**

для студентов специальности 7.091501
“Компьютерные системы и сети”
дневной формы обучения

Севастополь
2008

УДК 681.15

Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Автоматизация проектирования сложных систем» / Сост. Скатков А.В., Мащенко Е.Н. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – 32 с

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в изучении процедур параметрического синтеза САПР, сетевого анализа и оптимизации стоимостных ресурсов.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры кибернетики и вычислительной техники (протокол № 9 от 28 мая 2008 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент:

Обжерин Ю.В., профессор кафедры высшей математики, доктор технических наук.

	СОДЕРЖАНИЕ	Стр
1	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ САПР	4
2	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. СЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ	7
3	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТНЫХ РЕСУРСОВ	28

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ САПР

1.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- освоение методов параметрического синтеза САПР простейшей структуры на основе расчета и анализа критериев эффективности с использованием имитационных моделей.

1.2 ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТИПОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ. СИНТЕЗ И АНАЛИЗ

Создать проект объекта (изделия или процесса) означает выбрать структуру объекта, определить значения всех его параметров и представить результаты в установленной форме. Результаты (проектная документация) могут быть выражены в виде чертежей, схем, пояснительных записок, программ для программно-управляемого технологического оборудования и других документов на бумаге или на машинных носителях информации.

Синтез – это выработка проектных решений, т.е. построение объекта по описанию.

Разработка (или выбор) структуры объекта есть проектная процедура, называемая *структурным синтезом*, а расчет (или выбор) значений параметров элементов - процедура *параметрического синтеза*.

Например, при *синтезе структуры* автоматизированной системы постановка задачи должна включать в качестве исходных данных следующие сведения:

- множество выполняемых системой функций (другими словами, множество работ, каждая из которых может состоять из одной или более операций);
- типы допустимых для использования серверов (машин), выполняющих функции системы;
- множество внешних источников и потребителей информации;
- во многих случаях задается также некоторая исходная структура системы в виде взаимосвязанной совокупности серверов определенных типов; эта структура может рассматриваться как обобщенная избыточная или как вариант первого приближения;
- различного рода ограничения, в частности ограничения на затраты материальных ресурсов и (или) на времена выполнения функций системы.

Задача заключается в синтезе (или коррекции) структуры, определении типов серверов (программно-аппаратных средств), распределении функций по серверам таким образом, чтобы достигался экстремум целевой функции при выполнении заданных ограничений.

Задачу параметрического синтеза называют *параметрической оптимизацией* (или оптимизацией), если ее решают как задачу математического программирования, т. е.

$$\text{extr } F(X), X \in D_x,$$

где $F(X)$ - целевая функция; X - вектор управляемых (называемых также проектными или варьируемыми) параметров; $D_x = \{X \mid \psi(X) < \psi_D, \varphi(X) > \varphi_D\}$ - допустимая область; $\psi(X)$ и $\varphi(X)$ - функции-ограничения.

Цель *анализа* - получение информации о характере функционирования и значениях выходных параметров Y при заданных структуре объекта, сведениях о внешних параметрах Q и параметрах элементов X . Если заданы фиксированные значения параметров X и Q , то имеет место процедура *одновариантного анализа*, которая сводится к вычислению вектора выходных параметров Y на основе аналитической или имитационной модели. Если заданы статистические сведения о параметрах X и нужно получить оценки числовых характеристик распределений выходных параметров (например, оценки математических ожиданий и дисперсий), то это процедура *статистического анализа*. Если требуется рассчитать матрицы чувствительности, то имеет место задача *анализа чувствительности*.

В процедурах *многовариантного анализа* определяется влияние внешних параметров, разброса и нестабильности параметров элементов на выходные параметры. Процедуры статистического анализа и анализа чувствительности — характерные примеры процедур многовариантного анализа.

Процедура *параметрического синтеза* состоит из ряда итерационных процедур многовариантного анализа.

1.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.3.1 Изучить п.1.2 указаний и относящиеся к данной работе разделы из [1, 2].

1.3.2 В работе требуется:

а) По заданной структуре САПР, ограничениям и критериям эффективности (целевым функциям) произвести параметрический синтез на основе имитационной модели, а именно:

- по структуре САПР построить имитационную модель, используя первое приближение параметров;
- проверить существование стационарного режима;
- исследовать зависимость критерия эффективности от параметров с учетом ограничений, используя процедуру многовариантного анализа;
- найти точку экстремума критерия эффективности;

б) построить графики зависимостей критерия эффективности от параметров САПР.

Варианты заданий приведены в таблице 1.1, варианты структур выдаются преподавателем.

1.3.3 Оформить отчет по работе (см. п.1.4).

1.4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Постановка задачи, текст программы имитационной модели, протокол проведения расчетов, графики зависимостей критерия эффективности от параметров САПР, анализ результатов и выводы.

1.5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Дайте определение понятия «синтез».
- 2) Поясните различие между параметрическим и структурным синтезом.
- 3) Какие исходные данные необходимы для синтеза структуры?
- 4) Поясните выражение, описывающее параметрическую оптимизацию в общем виде и для вашего варианта задания.
- 5) Дайте определение понятия «анализ».
- 6) Какие виды анализа вы знаете?
- 7) Поясните применение многовариантного анализа для вашего варианта задания.
- 8) Поясните алгоритм вашей имитационной модели.
- 9) Каково условие существования стационарного режима?
- 10) Поясните графики зависимостей критерия эффективности от параметров САПР.

1.6 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица 1.1 – Варианты набора параметров САПР

Вариант	Структура	Критерий эффективности	Вид экстремума	Ограничения			
				Время обработки в устройстве	Длина очереди	Интервал между поступлениями заявок	Загрузка устройств
1	1	8	min	>4	-	-	<80%
2	2	2	min	>3	<5	-	-
3	3	7	max	-	<10	-	<90%
4	4	1	max	-	-	>6	<85%
5	5	5	max	>2	<15	-	-
6	6	3	min	>1	-	-	<80%
7	7	4	min	-	-	>3	>50%
8	8	6	min	-	<20	>5	-
9	9	8	min	-	-	>3	<90%
10	10	9	min	>8	<10	-	-
11	1	1	max	-	<25	>5	-
12	2	4	min	-	-	>7	>60%
13	3	7	max	>3	<20	-	-
14	4	6	min	>2	<15	-	-
15	5	2	min	>5		>4	

Таблица 1.2 – Варианты критериев эффективности

номер	Критерий эффективности
1	Производительность САПР
2	Среднее время обработки заданий в САПР
3	Средняя длина очереди
4	Время ожидания в очереди
5	Загрузка устройств
6	Коэффициент простоя устройств
7	Среднее число занятых каналов
8	Время реакции САПР (время обработки определенного типа запроса)
9	Вероятность простоя САПР

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. СЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ

2.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- освоение методов сетевого анализа проектов, а именно построения и упорядочения сетевого графа, нахождения критического пути, расчета критических сроков наступления событий

2.2 ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

Реализация многих крупных проектов в самых разнообразных областях человеческой деятельности связана с необходимостью выполнения проектов, состоящих из множества отдельных работ, распределенных во времени. Среди таких работ может существовать отношение предшествования, когда, например, для некоторой выделенной работы можно указать одну или несколько таких, без завершения которых невозможно приступить к данной работе. И наоборот, выделив некоторую промежуточную работу, составляется список работ, к которым можно приступить после окончания данной работы. Существенным является утверждение о том, что проект считается выполненным тогда и только тогда, когда выполнены все работы, в него входящие.

Планирование и управление выполнением большим числом шагов взаимосвязанных работ сопряжено со значительными изменениями финансовых и материальных затрат, требует решения сложных проблем контроля и учета. Работы имеют разнообразный производственный и технологический характер, требуют привлечения либо различных по своей природе ресурсов, либо одного и того же ресурса, но различных его видов, либо одного конкретного вида заданного ресурса. Процесс выполнения совокупности таких работ во времени трудно поддается отражению в аналитических зависимостях с использованием математических формул. Ясно, что разработка методов, помогающих улучшить организацию множества взаимосвязанных работ, весьма важна, т.к. их реализация способна дать существенный выигрыш во времени, минимизировать потребность в ресурсах, получить эффективный инструмент принятия решений в условиях всегда имеющей место неопределенности, способна разрешить конфликтную по своей природе ситуацию между временем и стоимостью. Такие методы должны помогать получать ответы на следующие основные вопросы:

- в какие моменты времени целесообразно начинать и заканчивать отдельные работы;
- как рационально распределить имеющиеся ресурсы между отдельными работами и во времени;
- какие события могут стать существенным препятствием на пути реализации проекта;
- какие имеют резервы времени для начала и окончания отдельных работ;
- в какой предполагаемый срок будет реализован проект в целом;
- как изменится это время в случае непредвиденных задержек и т.д.

2.2.1 ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ

В отношении проекта должны выполняться следующие предположения:

1. Проект состоит из упорядоченной последовательности работ.
2. Проект завершается тогда и только тогда, когда выполнены все без исключения работы, в него входящие.
3. О каждой работе известна либо точная ее продолжительность во времени, либо интервальная оценка, либо некоторая вероятностная характеристика длительности работы, например, нижняя и верхняя граница временного интервала, в течение которого работа будет выполнена с вероятностью единица.

4. В процессе выполнения каждой отдельной работы нет перерывов, время течет (изменяется) непрерывно;
5. Между выполнением отдельных работ могут быть перерывы, но никакая работа не может быть начата, пока не будут завершены ей предшествующие;
6. Следующая работа не обязана начинаться сразу, как только выполнятся все ей предшествующие.

2.2.2 ПОСТРОЕНИЕ СЕТИ РАБОТ ПРОЕКТА

Сетевые модели проектов основаны на элементах теории графов. Сеть – это множество вершин (узлов) и множество дуг (ребер, ветвей). При построении моделей проектов используют ориентированные дуги, т.е. сеть – это множество ориентированных дуг, соединяющих узлы сети. Каждой дуге ставится в соответствие некоторая работа. Узел – это событие, связанное с окончанием либо началом работы. Событиям соответствуют точки на временной оси. Время затрачивается на проведение работ, т.е. «течет» на дугах. Так как дуга ориентирована, то ее направление однозначно определяет отношение предшествования на множестве работ. Изображение на рисунке 2.1

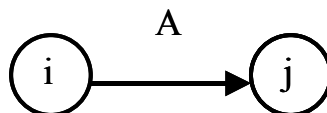


Рисунок 2.1 – Простейшая связь работ

означает, что A – это работа, соединяющая события i и j, причем событие i должно произойти до начала работы A, а событие j не может произойти раньше, чем завершится работа A. Отношение предшествования работ является транзитивным, т.е. если событие i предшествует событию j, а оно, в свою очередь, предшествует событию k, то и событие i является предшествующим по отношению к событию k. Этот факт можно изобразить фрагментом сети с работами (i, j) и (j, k), показанным на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Связь трех работ

Зададим, например, таблицу 2.1 отношений предшествования работ и построим соответствующий фрагмент сети работ, укажем, что некоторые события могут наступать, когда заканчиваются или начинаются несколько работ. Будем указывать не все работы, предшествующие данному событию, а только непосредственно входящие в это событие.

Таблица 2.1 - Фрагмент таблицы работ:

№ события	Предшествующие работы	Последующие работы
1	нет	i
2	(ij), (lj), (nj)	j
3	нет	l
4	(jk), (mk)	k
5	(jm), (nm), (lm)	m
6	нет	n
7	(mp), (kp)	p

По таблице можно подсчитать общее число работ и число работ, непосредственно предшествующих каждому событию.

Фрагмент сети, соответствующий таблице 2.1, показан на рисунке 2.3.

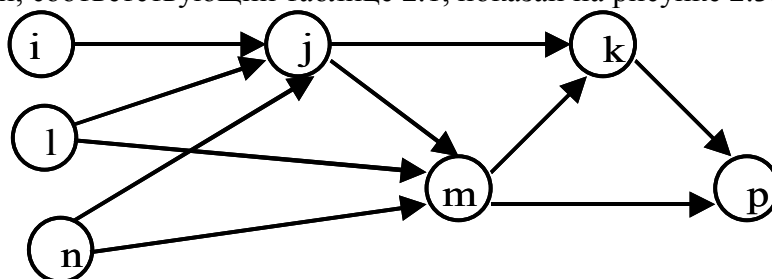


Рисунок 2.1 – Пример фрагмента сети

Иногда возникают ситуации, когда представление последовательности некоторых работ и логику, описывающую возможность их начала, невозможно отобразить описываемым способом. Например, пусть в некотором проекте имеется фрагмент работ с такими условиями:

$$A \wedge B \wedge C \rightarrow D$$

$$A \wedge B \wedge C \rightarrow E$$

$$A \wedge B \wedge C \rightarrow F$$

Здесь и далее символы « $\wedge$ » и « $\rightarrow$ » означают соответственно логическое «и» и логическое «следствие», они задают условия возможности начала последующих работ. Записанным условиям естественным образом ставится в соответствие следующий фрагмент сети

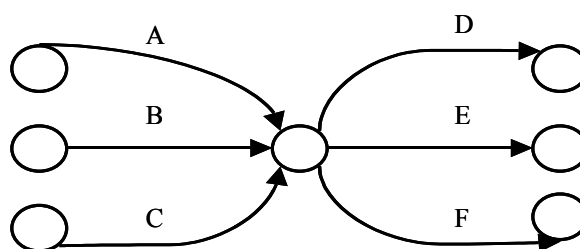


Рисунок 2.4 – Фрагмент сети записи условия выполнения работ

Как изобразить фрагмент сети, если условия имеют следующие записи:

- | | | |
|---|--|--|
| а) $A \rightarrow D$
$A \wedge B \rightarrow E$
$A \wedge B \wedge C \rightarrow F$ | б) $A \rightarrow D$
$A \wedge B \rightarrow E$
$A \wedge C \rightarrow F$ | $A \rightarrow D$
в) $A \wedge B \rightarrow E$
$B \wedge C \rightarrow F$ |
|---|--|--|

Сделать это невозможно, если не использовать понятия «фиктивная работа» и «фиктивное событие». Фиктивная работа имеет нулевую длительность и обозначается на графах пунктиром. С их использованием возможно изобразить условия а), б), в) следующими фрагментами (рисунок 2.5):

Первые два условия требуют для своей реализации введения фиктивных работ X и Y, третье – трех работ и фиктивного события s: окончание фиктивных работ X и Y (а по существу A и B) и возможное начало работы E.

Еще раз подчеркнем, что введение фиктивных работ и фиктивных событий – лишь средство реализации логических условий возможности реализации фактических работ. Поскольку они имеют нулевую длительность, то их правильное использование не изменяет фактическую длительность реализации всего проекта в целом.

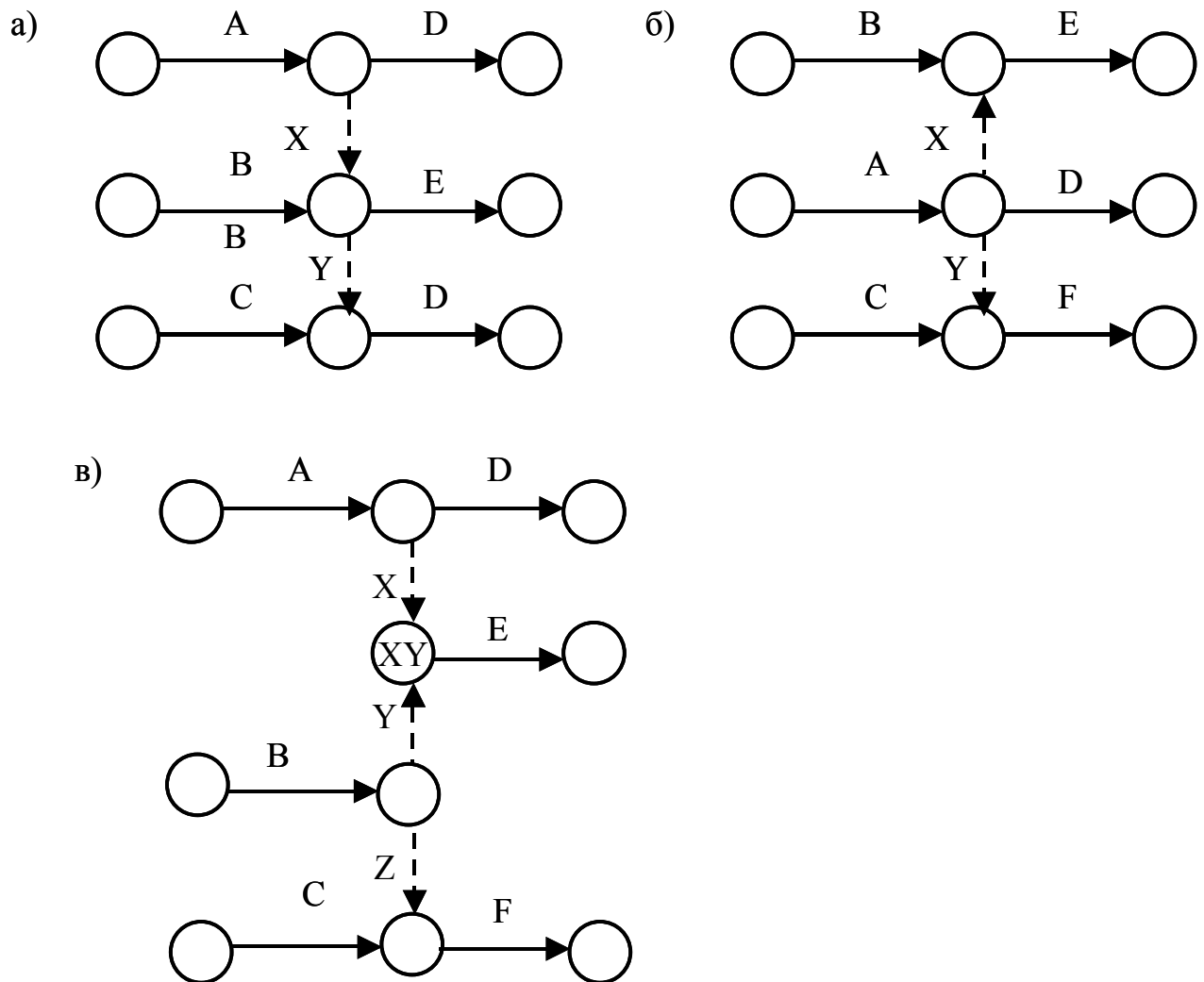
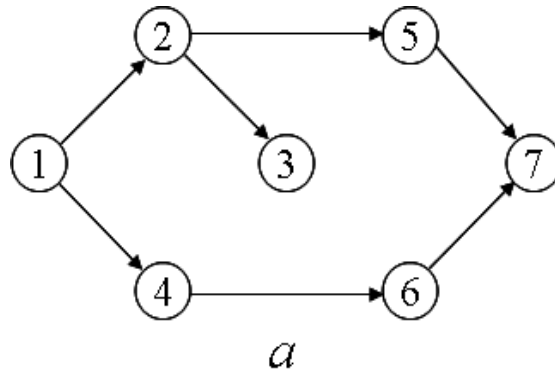


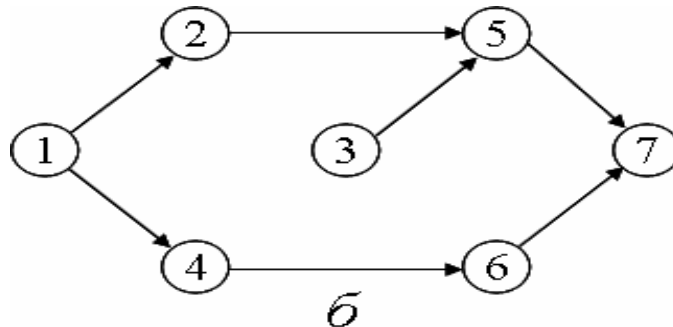
Рисунок 2.5 – Пример сети с фиктивным событием

2.2.3. ПОРЯДОК И ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВЫХ ГРАФОВ

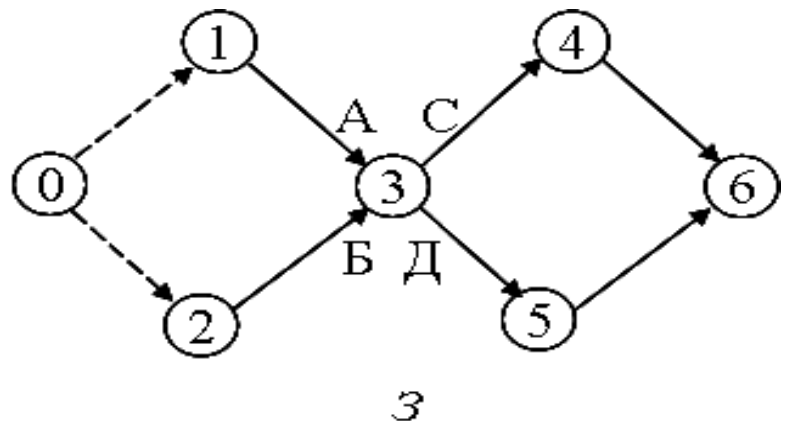
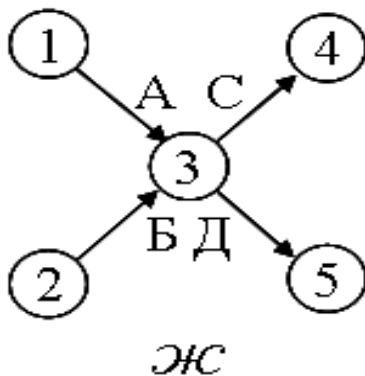
1. В сетевой модели не должно быть «тупиковых» событий, т.е. таких, из которых не выходит ни одна работа (за исключением завершающего события, рис. а)



2. В сетевом графике не должно быть «хвостовых» событий (кроме исходного) т.е. таких, которым не предшествует хотя бы одна работа (событие 3 – на рис. б)



3. В сети не должно быть замкнутых контуров и петель и путей, соединяющих некоторые события с ними же самими
4. Любые два события должны быть непосредственно связаны не более чем одной работой-стрелкой.
5. В сети рекомендуется иметь одно исходное и одно завершающее событие (рис. ж). Этого можно добиться путем введения фиктивных событий и работ (рис. з).



Упорядочение сетевого графа заключается в таком расположении событий и работ, при котором для любой работы предшествующее ей событие расположено левее и имеет меньший номер по сравнению с завершающим эту работу событием.

2.2.4 ПОНЯТИЕ О КРИТИЧЕСКОМ ПУТИ

Если строится сеть, соответствующая всем работам некоторого проекта, то в ней можно выделить две вершины, отличающиеся от остальных. Первая соответствует началу реализации проекта, она не имеет предшествующих работ, вторая – окончанию проекта, она не имеет последующих работ. Если некоторые работы над началом проекта запускаются одновременно, то можно достроить вершину, соответствующую началу проекта и именно из нее будут исходить дуги указанных работ. Так, если на рисунке 2.1 считать, что работы (i j), (l j), (n m) начинают проект, то необходимо ввести событие q и работы (q i), (q l), (q n), которые могут иметь и нулевую продолжительность. Все сказанное естественным образом к событию – «окончание работ над проектом».

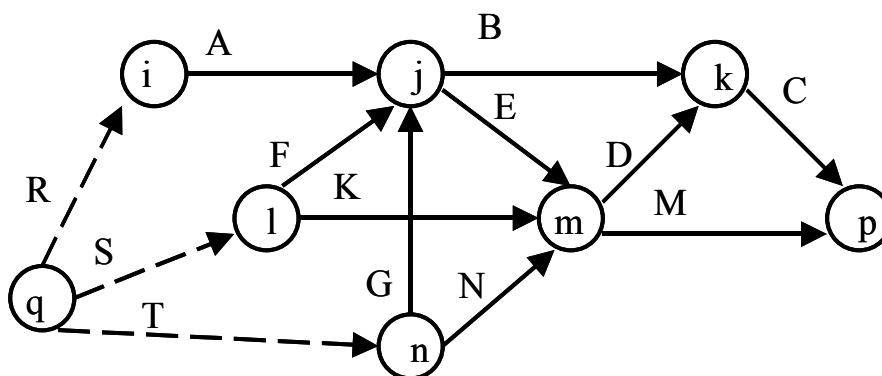


Рисунок 2.6 – Пример сети работ

Каждой дуге сети работ можно поставить в соответствие число – продолжительность работы. Тогда сеть можно задать в табличной форме с указанием полного списка работ и их продолжительностей.

Таблица 2.2 - Таблица работ

№ работ	Имя работы	Продолжительность работы	Предшествующее событие	Последующее событие
1	A	3	I	j
2	R	0	q	I
3	S	0	q	l
4	T	0	q	n
5	B	2	j	k
6	C	3	k	p
7	D	4	m	k
8	E	2	j	m
9	F	1	l	j
10	G	4	n	j
11	M	2	m	p
12	N	3	n	m
13	K	4	l	m

2.2.5 СЕТЕВОЙ ГРАФИК РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрим в качестве примера построение сетевого графика разработки программного комплекса, в котором выделены три основные части: библиотека процедур обработки данных (БПОД), библиотека процедур ввода-вывода (БПВВ) и библиотека процедур организации хранения данных (БПОХ). Необходимо выполнить следующие основные виды работ: разработать алгоритмы, написать и отладить программные модули, выполнить тестирование библиотек, осуществить подготовку технической документации и тестирование программного комплекса в целом. Причем, начать работы по тестированию БПОД и БПОХ можно только после того, как имеются в наличии программные модули БПВВ. Программные модули самостоятельно не тестируются, а тестируются в составе других модулей.

Таблица 2.3 - Список основных работ и их характеристики

Иде-тифи-катор работ	Описание содержания работ	Продолжительность (ye)	Список непосредств. предш. работ
A	Разработка алгоритмов БПОД	2	нет
B	Разработка алгоритмов БПВВ	3	нет
C	Разработка алгоритмов БПОХ	4	нет
B ₁	Модификация алгоритмов БПВВ для БПОД	1	B
B ₂	Модификация алгоритмов БПВВ для БПОХ	1	C
D	Написание и отладка программных модулей БПОД	5	$A \wedge B_1$
E	Написание и отладка программных модулей БПВВ	5	B
F	Написание и отладка программных модулей БПОХ	3	$C \wedge B_2$
G	Тестирование БПОД	7	$D \wedge E$
I	Тестирование БПОХ	5	$F \wedge E$
H	Подготовка и выпуск технической документации по БПВВ	10	E
J	Подготовка и выпуск технической документации по БПВВ	6	G
K	Подготовка и выпуск технической документации по БПВВ	3	I
L	Ввод комплекса в эксплуатацию	4	$I \wedge H \wedge K$

Анализ таблицы показывает, что для построения сети необходимо ввести две фиктивные работы X и Y, которые описывают логические условия возможности тестирования библиотек.

Сетевой график разработки программного комплекса показан на рисунке 2.7

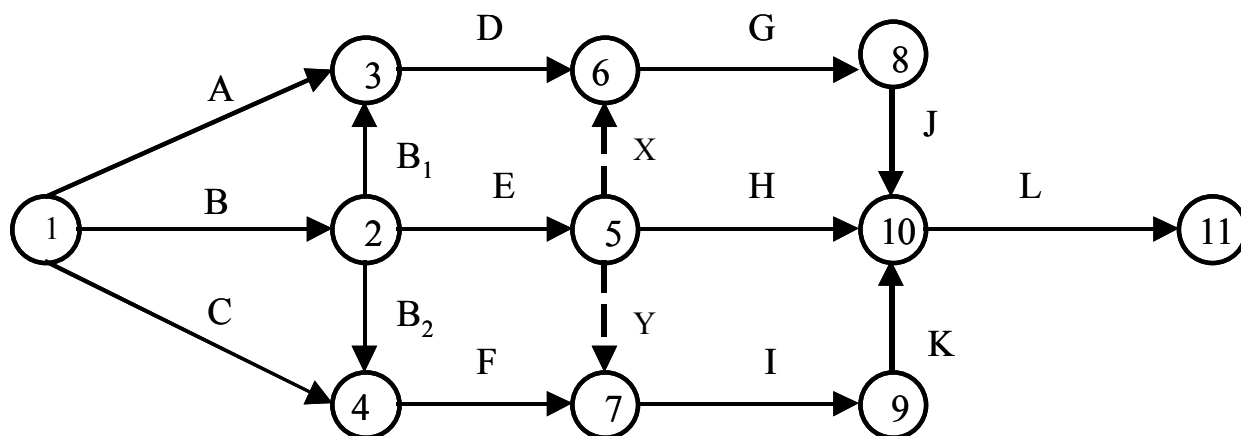


Рисунок 2.7 – Сетевой график работ программного комплекса

На основе сетевого графа можно построить таблицу событий для данной сети (см. таблицу 2.4) и далее перечислить все возможные пути (таблица 2.5).

Таблица 2.4 - Таблица событий сетевого графика разработки программного комплекса

Иден-тифи-катор собы-тий	Описание события	Работы, после выполнения которых на-ступает собы-тие	Работы, которые можно на-чать после события
1	Начало работ	нет	А, В, С
2	Разработаны алгоритмы БПВВ	В	В ₁ , В ₂ , Е
3	Разработаны алгоритмы БПОД и модифицированы алгоритмы БПВВ	А, В ₁	Д
4	Разработаны алгоритмы БПОХ и модифицированы алгоритмы БПВВ	С, В ₂	F
5	Написаны и отлажены программ-ные модули БПВВ	Е	Х, Y, Н
6	С использованием программных модулей БПВВ написаны и отлаже-ны программные модули БПОД	Д, Х	Г
7	С использованием программных модулей БПВВ написаны и отлаже-ны программные модули БПОХ	F, Y	И
8	Окончено тестирование БПОД	Г	Ж
9	Окончено тестирование БПОХ	И	К
10	Подготовлена и выпущена техниче-ская документация	Ж, Н, К	Л
11	Ввод комплекса в эксплуатацию	Л	нет

Таблица 2.5 - Таблица для определения критического пути

№	Возможный путь		Длина пути
	События	Работа	
1	2, 3, 6, 8, 10, 11	A, D, G, J, L	2+5+7+6+4=24
2	1, 2, 3, 5, 8, 10, 11	B, B ₁ , D, G, J, L	3+1+5+7+6+4=26
3	1, 2, 5, 10, 11	B, E, H, L	3+5+10+4=22
4	1, 2, 4, 7, 9, 10, 11	B, B ₂ , F, I, K, L	3+1+3+5+3+4=19
5	1, 4, 7, 9, 10, 11	C, F, I, K, L	4+3+5+3+4=19
6	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11	B, E, X, G, J, L	3+5+0+7+6+4=25
7	1, 2, 5, 7, 9, 10, 11	B, E, Y, I, K, L	3+5+0+5+3+4=20
Критический путь			max{24,26,22,19,19,25,20}=26
	События	Работа	
	1, 2, 3, 6, 8, 10, 11	B, B ₁ , D, G, J, L	

В последней таблице указан также критический, максимальный по длине путь среди всех возможных путей.

Нахождение критического пути методом перебора всех путей и отыскания максимального среди них – трудоемкая задача даже для простых случаев. Преодолеть указанные трудности помогает введение и рассмотрение понятий «наиболее ранний возможный срок» и «наиболее поздний допустимый срок» наступления событий, т.е. критические сроки. Для критических работ они совпадают – это и есть признак критического пути

2.2.6 КРИТИЧЕСКИЕ СРОКИ НАСТУПЛЕНИЯ СОБЫТИЙ

С каждым событием связаны два критических события: $T_j(E)$ - наиболее ранний возможный срок появления события j и $T_j(L)$ - наиболее поздний допустимый срок, при котором не превышает общее время выполнения всего проекта. Одновременно $T_j(E)$ - наиболее ранний возможный срок завершения всех работ, входящих в j-ую вершину графа, а $T_j(L)$ - наиболее поздний срок завершения таких работ. Определим t_{ij} как время, равное продолжительности работ без перерывов между двумя событиями i и j. Этим событиям на графе соответствует q путей, их соединяющих, с именами $s_1, s_2, \dots, s_q$ и длинами (суммарная продолжительность работ $T_j(s_1), T_j(s_2), \dots, T_j(s_q)$), где

$$T_j(s_i) = \sum_r \sum_p t_{rp};$$

индексы r, p соответствуют описанию конкретного пути, а их множество – совокупности всех путей $s_1, s_2, \dots, s_q$. Так как самое раннее возможное наступление события j определяет самый длинный по времени путь, то

$$T_j(E) = \max_{k=1,q} [T_j(s_k)].$$

Естественно принять, что $T_1(E)=0$. При вычислениях $T_j(E)$ удобно последовательно проходить весь граф от начала до конца, рассматривая в качестве индекса i не все предшест-

вующие j события – вершины, а только непосредственно предшествующие j , тогда можно пользоваться очевидной формулой

$$T_j(E) = \max_{i \prec j} [T_i(E) + t_{ij}],$$

где знак $\prec$ означает отношение непосредственного предшествования события i событию j . Так, для сетевого графика разработки программного комплекса (рисунок 2.7) имеем

$$T_1(E) = 0; \quad T_2(E) = T_1(E) + t_{1,2} = 3;$$

$$T_3(E) = \max \{T_1(E) + t_{1,3}; \quad T_2(E) + t_{2,3}\} = 4;$$

$$T_4(E) = \max \{T_1(E) + t_{2,3}; \quad T_1(E) + t_{1,4}\} = 4;$$

$$T_5(E) = T_2(E) + t_{1,2} = 8;$$

$$T_6(E) = \max \{T_3(E) + t_{3,6}; \quad T_5(E) + t_{5,6}\} = 9;$$

$$T_7(E) = \max \{T_4(E) + t_{4,7}; \quad T_5(E) + t_{5,7}\} = 8;$$

$$T_8(E) = T_6(E) + t_{6,8} = 16;$$

$$T_9(E) = T_7(E) + t_{7,9} = 13;$$

$$T_{10}(E) = \max \{T_9(E) + t_{9,10}; \quad T_8(E) + t_{8,10}; \quad T_5(E) + t_{5,10}\} = 22;$$

$$T_{11}(E) = T_{10}(E) + t_{10,11} = 26.$$

Вычислим наиболее поздние допустимые сроки наступления событий в сети, которые не удлиняют время завершения всего проекта. Будем обозначать их как $T_i(L)$. Ясно, что для последнего события

$$T_n(E) = T_n(L).$$

В этом случае вычисления на графе удобно производить, начиная с последнего события. Сделаем это для i -го события. Пусть оно непосредственно предшествует событиям $j_1, j_2, \dots, j_n$, для которых уже известны величины $T_{j_1}(L), T_{j_2}(L), \dots, T_{j_k}(L)$. Как и ранее, длительность работ между этими событиями (которые связаны отношением непосредственного предшествования) равны $t_{i,j_1}, t_{i,j_2}, \dots, t_{i,j_u}$. Рассмотрим разности

$$T_{j_1}(L) - t_{i,j_1}; \quad T_{j_2}(L) - t_{i,j_2}, \dots, \quad T_{j_k}(L) - t_{i,j_u},$$

Каждая из них положительна и описывает возможные времена начала работ, выходящих из состояния i . Длительность проекта не нарушится, если событие i произойдет в самой левой точке временной оси, на которой отложены указанные разности (см. рисунок 2.8).

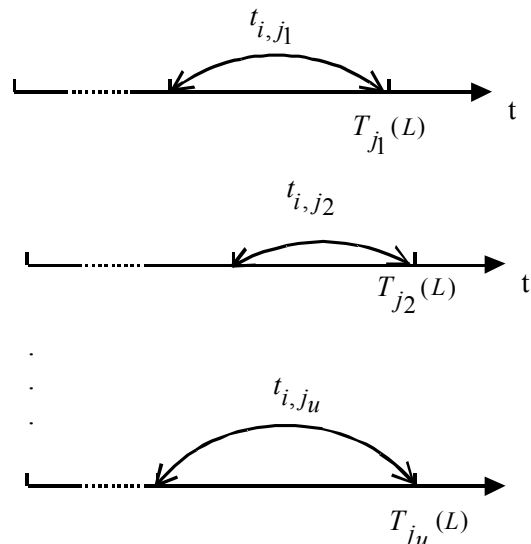


Рисунок 2.8 – Пример соотношения событий

Положение самой левой из указанных точек определяется равенством

$$T_i(E) = \min_{i \prec j} [T_j(L) - t_{ij}].$$

Определим эти времена для нашего примера

$$T_{11}(L) = 26; \quad T_{10}(L) = T_{11}(L) - t_{10,11} = 22;$$

$$T_9(L) = T_{11}(L) - t_{9,11} = 19; \quad T_8(L) = T_{10}(L) - t_{8,10} = 16;$$

$$T_7(L) = T_9(L) - t_{7,9} = 14; \quad T_6(L) = T_8(L) - t_{6,8} = 9;$$

$$T_5(L) = \min \{T_{10}(L) - t_{5,10}; \quad T_7(L) - t_{7,10}; \quad T_6(L) - t_{5,6}\} = 9;$$

$$T_4(L) = T_7(L) - t_{4,7} = 11; \quad T_3(L) = T_6(L) - t_{3,6} = 9;$$

$$T_2(L) = \min \{T_5(L) - t_{2,5}; \quad T_4(L) - t_{2,4}; \quad T_3(L) - t_{2,3}\} = 3;$$

$$T_1(L) = \min \{T_3(L) - t_{1,3}; \quad T_2(L) - t_{1,2}; \quad T_4(L) - t_{1,4}\} = 0.$$

Ниже (рисунок 2.9) изображен граф, каждая вершина которого содержит номер состояния (верхнее число), НРВС – левое число, НПДС – правое число, а на ребрах графа указаны длительности соответствующих работ.

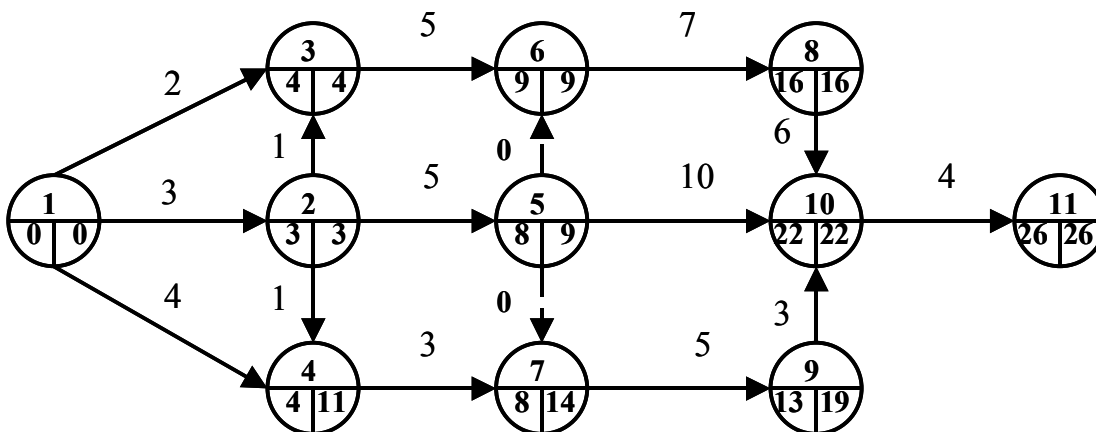


Рисунок 2.9 – Сетевой график с расставленными индексами

2.2.7 КРИТИЧЕСКИЕ СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Наиболее ранний возможный срок начала некоторой работы реализуется в случае, если все предшествующие работы завершены как можно раньше. Его обозначение - ES_{ij} , т.е. это работа, соединяющая два события: i и j . Ясно, что работа (i, j) не может начаться раньше, чем произойдет событие i , т.е. $T_i(E) = ES_{ij}$. Обозначим через EF_{ij} наиболее ранний возможный срок окончания работы (i, j) , тогда

$$ES_{ij} = T_i(E),$$

$$EF_{ij} = T_i(E) + t_{ij} = ES_{ij} + t_{ij}.$$

Наиболее поздний допустимый срок окончания работы (i, j) – это самое позднее время завершения работы, при котором проект выполнится без задержки. Имеем

$$LF_{ij} = T_j(L),$$

$$LS_{ij} = LF_{ij} - t_{ij} = T_j(L) - t_{ij},$$

где LS_{ij} и LF_{ij} - самые поздние допустимые сроки начала и окончания работы (i,j) соответственно.

Приведем для нашего примера результаты расчетов критических сроков выполнения работ.

Таблица 2.6 - Перечень критических сроков выполнения работ проекта разработки программного комплекса

Работа	Событие		Продолжительность работы	Критические сроки				Принадлежность работы критическому пути
	i	j		ES_{ij}	EF_{ij}	LS_{ij}	LF_{ij}	
A	1	3	2	0	2	2	4	нет
B	1	2	3	0	3	0	3	да
C	1	4	4	0	4	7	11	нет
B ₁	2	3	1	3	4	3	4	да
B ₂	2	4	1	3	4	10	11	нет
D	3	6	5	4	9	4	9	да
E	2	5	5	3	8	4	9	нет
F	4	7	3	4	7	11	14	нет
G	6	8	7	9	16	9	16	да
I	7	9	5	8	13	14	19	нет
H	5	10	10	8	18	12	22	нет
J	6	10	6	16	22	16	22	да
K	9	10	3	13	16	19	22	нет
L	10	11	4	22	26	22	26	да

2.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.3.1 Изучить п.2.2 указаний и относящиеся к данной работе разделы из [3].

2.3.2 В работе требуется: По данным индивидуального задания

- получить граф, описывающий последовательность всех работ и событий, вводя по мере необходимости фиктивные работы,
- выполнить расчеты критических сроков наступления событий и определить критический путь по аналогии с расчетами, рассмотренными в данном указании.

2.3.3 Оформить отчет по работе (см. п.2.4).

2.4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Постановка задачи, сетевой граф, расчет критических сроков, определение критического пути, анализ результатов и выводы.

2.5 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

В таблицах 2.7 и 2.8 приводятся числовые данные для выполнения индивидуального задания в соответствии с вариантом. В таблице 2.7 в первом столбце указаны общие для всех вариантов номера последующих работ по их естественной нумерации. В остальных столбцах этой таблицы указаны для каждого варианта номера предшествующих работ. В таблице 2.8 для каждого из вариантов указаны длительности.

2.6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Перечислите основные вопросы сетевого планирования.
- 2) Какие основные предположения должны выполняться в отношении проекта?
- 3) Опишите порядок построения сети работ проекта.
- 4) Поясните правила построения сетевых графов.
- 5) Поясните понятия фиктивной вершины и фиктивной работы.
- 6) Дайте определение и поясните признаки критического пути.
- 7) Дайте определения критических сроков наступления событий.
- 8) Дайте определения критических сроков выполнения работ.

Таблица 2.7 - Варианты (список предшествующих работ)

№ послед. работ	№ варианта (номера предшествующих работ)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	1	0	0
3	0	0	0	1	0	9	1	0	0
4	2,3	2	2	1	2	2,3	1	0	0
5	3	2	2	1	2	2,3	1	0	1
6	3	3	3	3	2	2,3	3	1	1
7	2,3	3	3	2	2	4	2	5	1
8	2,3	6,25,28	7	1	2	9	12	4,7	1
9	2,3	5,24	1,4,5,6,7	4,7	1	1,12	5,11,12	2,6	2
10	1,4	4,9	1,4,5,6,7	4,7	3	1,12	6	2,6	2
11	1,4	1,6,24,25,28	4	5,6	3	1,12	14	2,6	3
12	9,10	1,6,24,25,28	10,11	5,6	3	6	14	3,8,9	3
13	9,10	7,8	1,4,5,6,7,12	12	1	6	7	4,7	3
14	3	7,8,12,27	8,9,13	5,6,10	1	5,8	13,26	4,7	4
15	11,12,13,19	7,8,12,27	8,9,13	5,6,10	6,14	5,8	14	4,7	4
16	5,7	7,8,12,27	1,4,5,6,7,12	4,7,11	6,14	5,8	14	11,13,14	6,9
17	13,19	4,9,11,26,29	1,4,5,6,7,12	4,7,11	6,7,14	7,11	10,16,27	11,13,14	6,9
18	13,19	4,9,11,26,29	1,4,5,6,7,12	9	6,7,14	10	17,23	11,22	7,11
19	8,9,10,14,22	4,9,11,26,29	10,11	9	7,8,11	10	13,26	14,16,18	7,11
20	8,9,10,14,22	10,19	10,11	8,15,16	7,8,11	10	19,22	12,17,19	8,10,12,14
21	8,9,10,14,22	16,17	19,22	12	16,19,25,26	16,17	15,18,20,24,25	14,16	8,10,12,14
22	5,7	13,14	15	14,20,21	21	7,11,15,18	7	10,23,24	8,10,12,14
23	5,7	15,18,21	15	14,20,21	21	13,14,19	6	14,16,18	13,15
24	6,16	0	15,17,19	23,25	21	7,11,15,18	10,16,27	20	13,15
25	6,16	0	15,17,19	8,15,16,17,19	13,15,17,22	7,11,15,18	13,26	20	5,16,18



26	21,24	5,24	18,20,21,25	8,15,16,17,19	12,18,20,24	20,21	4	15,21,25	17,20
27	20,23	6,25,28	14,16,23,24	23,25	13,15,17,22	20,21	5,11,13	20	19,21
28	15,17	5,24	26,27	22,26,27	12,18,20,24	23,24	17,23	10,23	13,15,22
29	25	7,8,12,27	-	-	23,27,28	25,27,28	19,22	26,27,28	4,24
Окончание	26,27,28,29	20,22,23	-	-	-	-	21,28,29	-	25,26,27

Пояснения к таблице:

1. Если номер предшествующей работы указан как нулевой, то соответствующая последующая работа не имеет предшествующих
2. Проинтерпретируем, например, содержание 9 строки 7 варианта: содержание соответствующей клеточки – 5,11,12. Это означает, что работе с номером 9 предшествуют работы с номерами 5, 11 и 12.

№ послед. работ	№ варианта (номера предшествующих работ)							
	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	1	0	0	0	1	0
4	0	0	1	0	0	0	1	1
5	0	0	1	0	0	0	0	1
6	1	0	2	1	2	0	0	2
7	2	0	3	2	4	1	0	2
8	1	0	3	2	3	2	5	2
9	2	1	3	3	3	3	4,6	2
10	3	2	2,4	3	4	2	4,6	3
11	3	2	2,4	3	4	3	7,26	3
12	3	3	2,4	4	2	4	7,26	3
13	4	3	5,6	5	2	4	3,8	3,4
14	4	3	5,6	5	5	5	2,9	3,4
15	4	4	1,7	5	5	6	3,8	5,7
16	5	4	1,7	5,6,8,9	5	7,8,9	11,25	5,7
17	5	4	1,7	5,6,8,9	6,7,8	7,8,9	11,25	5,7
18	6,7	5	8,10	5,6,8,9	1	7,8,9	10,12,27	8,10



19	6,7	5	8,10	10,12,13	12	7,8,9	13,28	8,10
20	6,7	5	8,10	10,12,13	12	11,13,14,15	19,24	9,11
21	1,9,10,13	6	9,11,13	10,12,13	12	10,12	5,13,28	12
22	1,9,10,13	6	9,11,13	10,12,13	9,10,16,18	10,12	2,9,15,18	13,15
23	1,9,10,13	7	9,11,13	10,12,13	9,10,16,18	10,12	10,12,17	9,11,14,16
24	11,14,16	8	12,14	1,16,19	1,11,13,14	11,13,14,15,16,18	14,16	17,19,20,21
25	12,15,17	9,10,12	12,14	17,20	15	17,22	1	22,23
26	18,21	11,13,15	15,18	18,21	17,19,22,24,25	18,20,21	4,6	25,26
27	19	2,14,16,18	16,19,21	11,22	20	19	3,8	27,28
28	11,14,16,20,22	17,19,21	17,20,22,24	15,23	5,21,23	24,25,26,27	10,12,27	-
29	24,25	20,22,23,24	23,25	14	26,27,28	-	20,21,22,23	-
Окончание	26,27,28,29	15,26,27,28,29	26,27,28,29	24,25,26,27,28,29	-	-	-	-

№ послед. работ	№ варианта (номера предшествующих работ)							
	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	1	0
4	0	1	0	1	0	0	1	0
5	4	1	0	1	0	0	1	1
6	4	3	1	2	1	1	2	1
7	4	3	1	2	1	5	2	6,9
8	1	5	2,4	5	2,7,9	1,2	2	6,9
9	1	2	2,4	5	3	2,6	3	4
10	1	6	4	6	3	2,6	3	4
11	3,5	4	4	6	3	4,7	0,5,6	1,2
12	2,3,5,10,21	8,11	5	6,7,8	3	4,7	0,5,6	1,2



13	4,12	10,14	5	6,7,8	4,12,23	8,9	7	3,4
14	7,11	7	6,8	6,7,8	4,12,23	4,7,10,13	7	3,4
15	13,14	8,11	6,8	9	4,12,23	4,7,10,13	4,9	5
16	13,14	8,11	7,10	9	4,5,15	4,7,10,13	5,6,10	12,13
17	2,3,5,10,21	5,6,9,12,13	7,10	3,10,12	6,8	12,16	5,6,10	12,13
18	2,3,5,10,21	10,14	7,10,12	3,10,12	6,8	8,9,14	5,6,10	10
19	2,3,5,10,21	10,14	7,10,12	11,13,15,22,23	2,7,9,13,17	15,17,18	5,6,10	15,23,24
20	8	7	11,13	4,16	10,14	15,17,18	7,14	8,11,15,16,19
21	20,22	4	11,13	4,16	10,14	15,17,18	11,15	8,14,17,22
22	6,15,18,23,27	15	14	20,21	10,14	15,17,18	12,19,20	18,26
23	16,18,27	15,16,17,18,19	14	18,21	10,14	12,22	17,21	15,24
24	6,15,18,23,27	15,16,17,18,19	15,16,18	20,21	11,23	8,9,14	17,21	12,13,20,21
25	6,15,18,23,27	15,16,17,18,19	15,16,17,18,19,20	18,21	16	19,24	5,6,10,13,24,26	12,13,20,21
26	20,22	19	21	18,21	19,20	21,23,27	18,22	12,13,20,21
27	9,19,26	21,22,23	21	19,24,25	18,19,20,21	19,24	18,22	18,26
28	9,19,26	20,25,26	23,24,25,26	17,26,27	22,24,25	1	23,25,27	23,25,27
29	25,28,29	24,27,28	22,27,28	-	24,25	5	-	-
Окончание	-	-	-	-	26,27,28,29	20,25,26	-	-

№ послед. работ	№ варианта (номера предшествующих работ)							
	26	27	28	29	30	31	32	33
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	1
3	0	1	1	0	0	0	0	1
4	0	1	1	1	1	0	1	1
5	0	1	1	1	3	1	1	2
6	1	2	2	2	4	1	2	2
7	1	2	2	2	5	6,9	2	4
8	2	2	5	3	2,6,7	6,9	2	4
9	4	5,6	5	3	2,6,7	2,4	3	5
10	5	5,6	6	4	2,6,7	2,4	3	3
11	5	3,4,7	6	4	2,6,7	2	4,6	3
12	2,6,13	4,7	6	4	8	2	5,7,9	3



13	3,8,9	4,7	6	5,6,12	8	5,10,12,16	5,7,9	7,8,12
14	3,8,9	4,8	7,8,13,18	5,6,12	9,13	5,10,12,16	5,7,9	5,6,10
15	3,8,9	9	7,8,13,18	7,8,17	9,13	5,10,12,16	8,10	5,6,10
16	3,8,9	9	8,18	7,8,17	9,10,13,19	3	11,12	7,12
17	3,8,9	10	8,18	9	9,10,13,19	3	11,12,13	7,12
18	3,8,9	10	9	9	9,10,13,19	7,19	13	9,14
19	4,10,11,18	11,12,14,15	9	9	11	11,14,17	13,14,15	9,14
20	12,14	12,15	9	10	11	11,14,17	13,14,15	9,14
21	15,20	12,15	9	10	12,14,16	8,20	16	11,20,24
22	15,20	12,15	3,16	11,13,14,15,21	15	13,23	16	11,20,24
23	16,25	16,17,19,22,25	12,14	14,15	15	18,21	16	11,20,24
24	16,25	13,18	12,14	14,15,16,18,25	15	18,21	17,18,19,23,25	13,17
25	17,19	13,18	12,14,17,20	19	18,20	18,21	20	13,17
26	21	13,18	12,14,17,20	19	21,22	15,21,25	20	13,17
27	24	21,25	4,15,21	19	17,21,22,24,25	13,22,24	20	15,18,21,24
28	22,23,26,27	20,26	11,22,23	22,23,24,26	23,26,27	27	22,24,26	16,19,23,26
29	-	-	20,26,27	20,27,28	-	-	21,27,28	22,27,28
Окончание	-	-	24,25,28,29	-	-	-	-	-

Таблица 2.8 - Варианты (длительность работ)

№ ра б от ы	Варианты (длительности работ)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	3	7	2	1	2	3	4	5	6	7
2	2	4	6	3	2	3	4	5	6	7	6
3	3	5	5	4	3	4	5	6	7	1	2
4	4	6	4	5	4	5	6	7	1	2	3
5	5	2	5	6	4	5	6	7	1	2	3
4	6	3	6	3	2	3	4	5	6	2	3
7	7	2	5	4	3	4	5	6	2	3	4
8	6	5	3	2	2	3	4	5	6	7	1
9	5	6	3	3	7	6	5	4	3	2	1
10	4	6	4	4	1	2	3	4	5	6	7
11	3	7	5	1	4	3	2	1	7	6	5
12	2	2	6	3	3	5	7	2	4	6	1
13	1	3	2	5	5	6	7	1	2	3	4
14	3	4	2	6	2	4	6	1	3	5	7
15	4	5	4	2	7	5	3	1	2	4	6
16	5	6	2	4	4	5	6	7	1	2	3
17	6	2	2	5	3	2	1	3	4	5	6
18	7	1	1	3	2	4	6	5	7	4	3
19	2	4	3	4	1	2	3	4	5	6	7
20	3	5	2	1	2	3	1	2	7	6	5
21	4	5	4	2	1	1	1	1	1	1	1
22	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2
23	2	3	3	7	3	3	3	3	3	3	3
24	1	4	5	6	4	4	4	4	4	4	4
25	3	2	6	4	5	5	5	5	5	5	5
26	5	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3

2 7	6	1	6	5	6	6	6	6	6	6	6
2 8	7	3	7	3	3	3	3	3	3	3	3
2 9	3	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2

№ ра- боты	Варианты (длительности работ)										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2	4	6	1	3	5	7	4	5	6	7
2	1	3	5	7	2	4	6	2	3	4	5
3	4	2	5	7	2	3	4	5	6	1	2
4	6	7	6	7	6	7	6	6	5	5	5
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
6	2	3	3	3	3	4	4	4	2	2	2
7	5	5	5	5	2	2	2	2	1	1	1
8	2	2	6	1	3	4	5	6	7	7	1
9	3	3	2	2	4	4	4	5	5	5	6
10	3	3	3	6	6	6	7	7	7	4	4
11	5	6	7	3	4	5	1	2	3	2	4
12	2	3	4	5	5	7	1	2	3	4	5
13	7	6	5	4	3	1	2	1	4	5	6
14	2	3	4	5	6	7	6	5	4	3	2
15	4	3	5	6	7	3	4	5	1	2	3
16	5	6	6	7	7	7	1	2	3	4	5
17	2	4	6	7	5	4	3	2	1	1	2
18	1	2	3	4	5	6	7	7	6	5	4
19	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	7
20	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
21	6	7	7	6	5	4	3	2	1	2	3
22	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5
23	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6
24	1	2	3	4	5	6	7	6	5	4	4
25	1	2	3	4	3	5	6	7	6	5	4
26	6	5	7	6	5	7	4	5	6	3	4
27	5	6	4	5	2	3	4	2	4	5	6
28	1	2	3	4	6	4	5	5	4	3	2
29	2	3	4	5	6	7	1	1	1	1	1

№ ра- боты	Варианты (длительности работ)										
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	4	6	2	5	1	3	7	3	4	5	6
2	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
3	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1
4	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5
5	6	7	7	6	5	4	3	2	1	7	6
6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2
7	1	1	3	5	7	2	4	6	1	3	5
8	7	3	1	5	3	7	5	6	4	4	2
9	2	4	3	5	1	7	4	3	4	2	1
10	7	5	3	1	2	4	6	1	3	5	7
11	4	3	2	1	6	7	5	5	4	3	2
12	1	2	3	4	5	6	7	7	6	5	4
13	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6
14	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
15	7	6	5	4	3	2	2	1	2	3	4
16	4	5	6	7	3	4	5	4	6	3	3
17	1	2	3	4	5	6	7	7	6	5	4
18	4	3	7	2	2	3	4	5	6	7	6
19	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	7
20	3	2	1	4	5	6	7	3	4	5	6
21	2	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
22	4	5	6	7	1	2	3	4	2	3	4
23	5	6	7	6	7	7	1	2	3	4	5
24	6	7	1	2	3	4	5	6	7	3	4
25	7	1	2	3	4	5	6	7	2	3	5
26	6	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
27	5	4	3	2	1	4	3	2	1	3	2
28	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
29	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1	1

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТНЫХ РЕСУРСОВ

3.1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- освоение методики оптимизации распределения стоимостных ресурсов на основе сетевого графа проекта и диаграммы Ганта

3.2 ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

Реализация многих крупных проектов в самых разнообразных областях человеческой деятельности связана с необходимостью выполнения проектов, состоящих из множества отдельных работ, распределенных во времени. Планирование и управление выполнением большим числом шагов взаимосвязанных работ сопряжено со значительными изменениями финансовых и материальных затрат, требует решения сложных проблем контроля и учета. Работы имеют разнообразный производственный и технологический характер, требуют привлечения либо различных по своей природе ресурсов, либо одного и того же ресурса, но различных его видов, либо одного конкретного вида заданного ресурса. Разработка методов, помогающих улучшить организацию множества взаимосвязанных работ, весьма важна, т.к. их реализация способна дать существенный выигрыш во времени, минимизировать потребность в ресурсах, получить эффективный инструмент принятия решений в условиях всегда имеющей место неопределенности, способна разрешить конфликтную по своей природе ситуацию между временем и стоимостью. В данной работе необходимо рационально распределить имеющиеся стоимостные ресурсы между отдельными работами.

В отношении проекта должны выполняться следующие предположения:

1. Стоимость проекта равна суммарной стоимости всех работ проекта.
2. На реализацию проекта выделены некоторые дополнительные стоимостные ресурсы, позволяющие сократить время выполнения работ.
3. Ресурсы выделяются в первую очередь для критических работ.
4. Работы можно выполнять только либо в стандартные, либо в минимальные сроки.

Следствие: стоимость работ по проекту возрастает, но время его выполнения уменьшается. Требуется принять компромиссное решение. Общее решение отсутствует. Рассмотрим пример (рисунок 1).

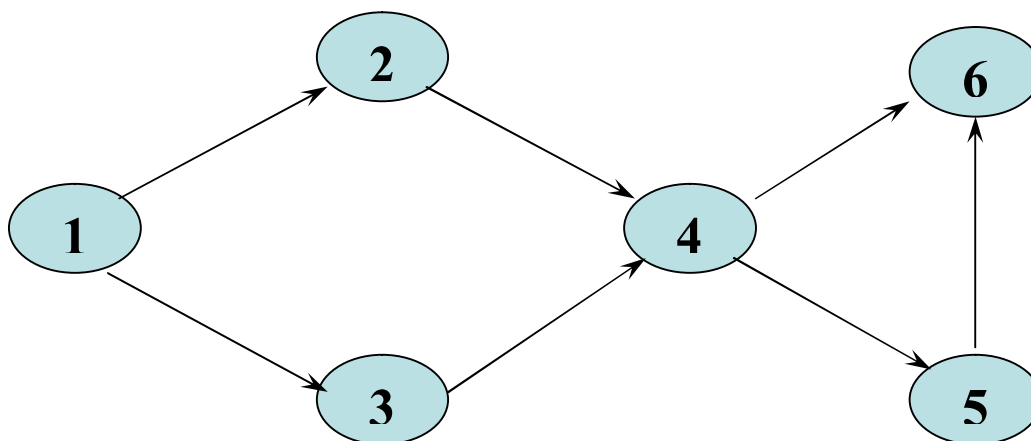


Рисунок 1 – Сетевой граф проекта

Таблица 3.1 Характеристики проекта и дополнительных ресурсов

Работа	Стандартное время, дней	Минимальное время, дней	Затраты на работы	
			При стандартном времени, у.е.	При минимальном времени, у.е.
A	3	2	800	1400
B	2	1	1200	1900
C	5	3	2000	2800
D	5	3	1500	2300
E	6	4	1800	2800
F	2	1	600	1000
G	2	1	500	1000

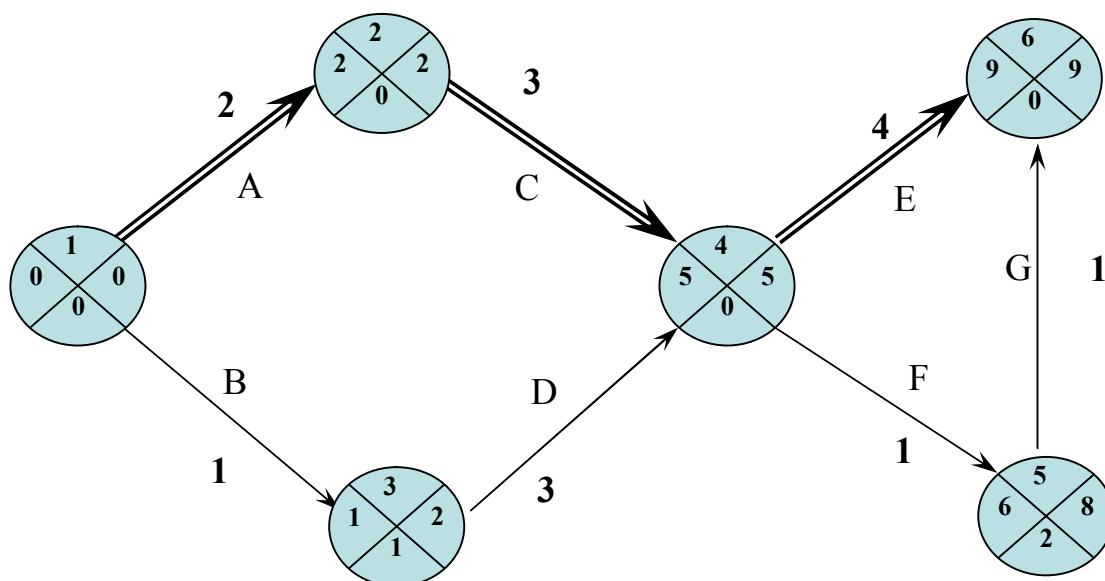


Рисунок 2 – Сетевой граф проекта и критический путь

После построения сетевого графа с использованием минимального времени и максимальных затрат на каждую работу, а также расчета критических сроков наступления событий определен критический путь и общее время выполнения проекта при максимальном использовании дополнительных ресурсов: $T = 9$ дней.

Критический путь: A-C-E.

Работы B, D, F, G – не критические.

Возникает вопрос, можно ли выполнить не критические работы в стандартные сроки, не увеличивая общее время выполнения проекта?

Возможная экономия: 700 – B, 800 – D, 400 – F, 500 – G.

Порядок рассмотрения работ – по убыванию экономии стоимостных ресурсов: 1) D, 2) B, 3) G, 4) F.

1) При увеличении длительности работы D с 3 до 5 изменяется критический путь и увеличивается общее время выполнения проекта – работа должна быть выполнена за минимальный срок.

2) При увеличении длительности работы B с 1 до 2 образуются два критических пути: A-C-E и B-D-E, общее время выполнения проекта не увеличивается (рисунок 3):

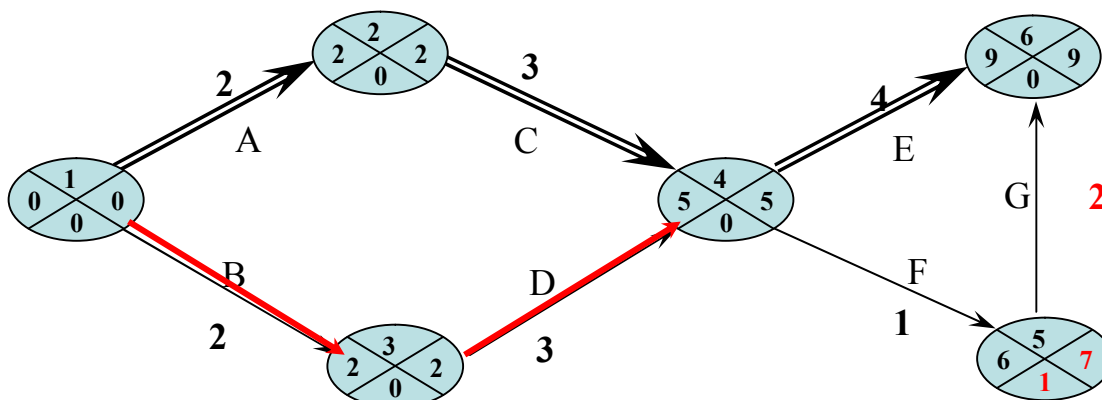


Рисунок 3

3) Увеличение длительности работы G с 1 до 2 возможно (рисунок 4):

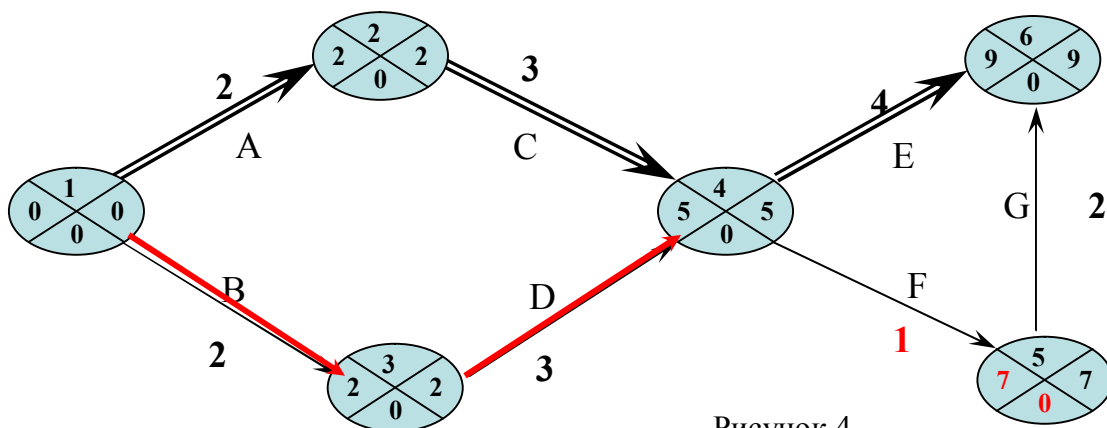


Рисунок 4

4) Увеличение длительности работы F с 1 до 2 возможно (Рисунок 5):

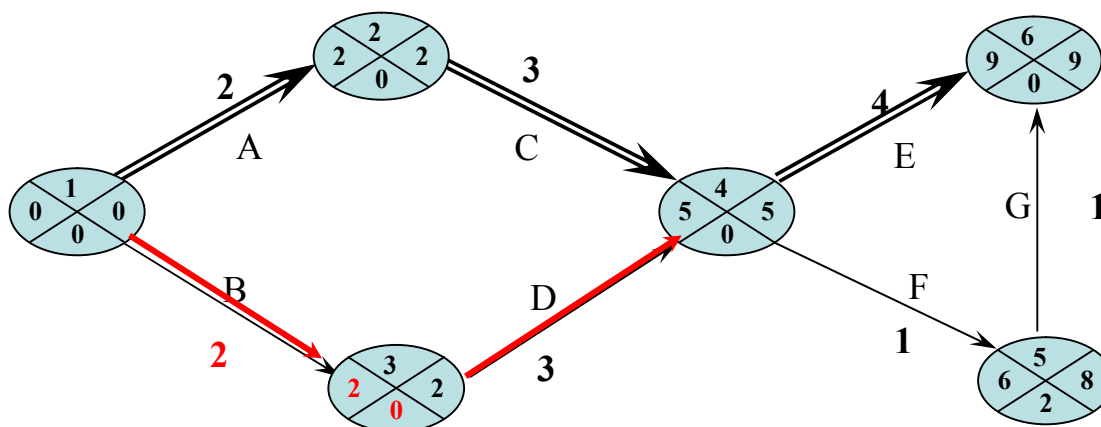


Рисунок 5

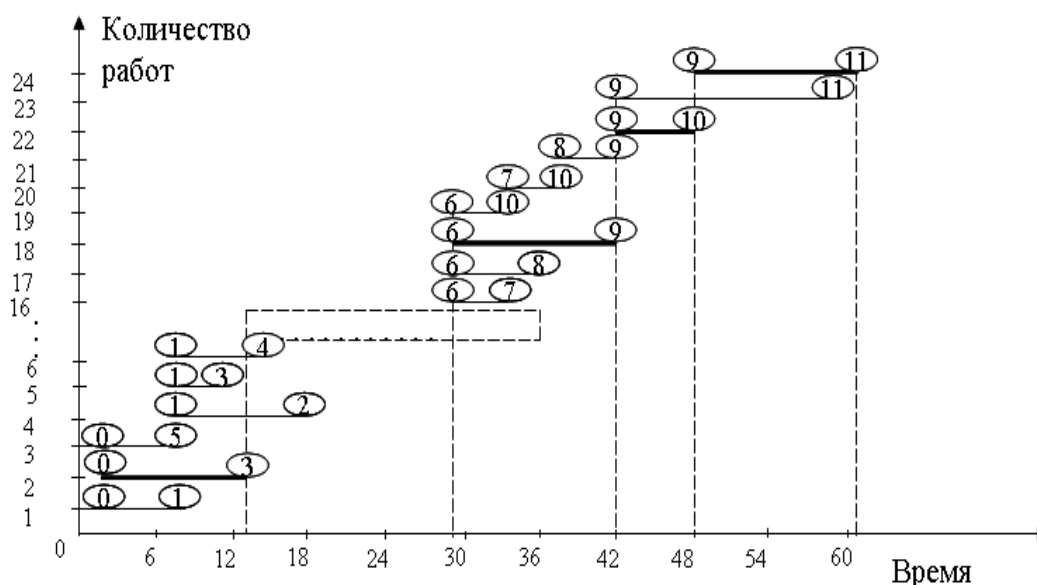
РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

1. Работы А, С, D, Е выполняются в минимальные сроки.
2. Работы В, F, G выполняются в стандартные сроки.
3. Общая стоимость проекта:

$$1400(A) + 1200(B) + 2800(C) + 2300(D) + 2800(E) + 600(F) + 500(G) = 11600 \text{ у.е.}$$

ДИАГРАММА ГАНТА

При анализе проектов с большим числом работ для уменьшения перебора не критических работ рекомендуется построить линейную диаграмму или диаграмму Ганта. При построении линейной диаграммы каждая работа изображается параллельным оси времени отрезком, длина которого равна продолжительности этой работы. При наличии фиктивной работы нулевой продолжительности (в рассматриваемой сети ее нет) она изображается точкой. События i и j , начало и конец работы (i, j) помещают соответственно в начале и конце отрезка. Отрезки располагают один над другим, снизу вверх в порядке возрастания индекса i , а при одном и том же i – в порядке возрастания индекса j . По линейной диаграмме проекта можно определить критическое время, критический путь, а также резервы времени всех работ.



3.3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.3.1 Изучить п.3.2 указаний и относящиеся к данной работе разделы из [3].

2.3.2 В работе требуется: на основе сетевого графа и расчетов критических сроков наступления событий, выполненных в лабораторной работе №2

- оптимизировать распределение стоимостных ресурсов в соответствии с методикой, рассмотренной в данном указании;
- для уменьшения перебора не критических работ рекомендуется построить диаграмму Ганта.

3.3.3 Оформить отчет по работе (см. п.3.4).

3.4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Постановка задачи, сетевой граф, порядок перебора не критических работ, оптимизация ресурсов, анализ результатов и выводы.

3.5 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Работа выполняется на основе сетевого графа и расчетов критических сроков наступления событий, выполненных в лабораторной работе №2. В таблице 3.2 приводятся числовые данные для выполнения индивидуального задания в соответствии с вариантом

Таблица 3.2 Варианты заданий

Работа	Стандартное время, дней	Минимальное время, дней	Затраты на работы	
			При стандартном времени, у.е.	При минимальном времени, у.е.
Малой длительности	1	-	$100 \cdot T_{\text{ст}}$	-
Средней длительности	$2 \leq T_{\text{ст}} \leq 4$	$T_{\text{мин}} = T_{\text{ст}} - 1$	$80 \cdot T_{\text{ст}}$	$160 \cdot T_{\text{мин}}$
Большой длительности	$5 \leq T_{\text{ст}} \leq 7$	$T_{\text{мин}} = T_{\text{ст}} - 2$	$60 \cdot T_{\text{ст}}$	$120 \cdot T_{\text{мин}}$

3.6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Какие основные предположения должны выполняться в отношении проекта?
- 2) Опишите порядок рассмотрения работ при оптимизации стоимостных ресурсов.
- 3) Поясните правила оптимизации стоимостных ресурсов.
- 5) Поясните понятие и порядок построения диаграммы Ганта.
- 6) Проведите анализ результатов оптимизации.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования / М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2002.- 336с.
2. Советов Б.Я. Моделирование систем/ Б.Я. Советов, С.А. Яковлев – М.: Высш. шк., 2001.- 343 с.
3. Новоселов В.Г. Дискретная математика в задачах и примерах. Часть 2 / Учебное пособие/ В.Г. Новоселов, Т.Г. Пластун, А.В. Скатков – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002.- 121 с.