

БИНЬКОВСКАЯ А.Б., к.т.н. (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

## Модели выбора типов и видов линий связи и коммутирующих устройств локальной компьютерной сети в условиях нечеткой информации

*В статье разработана обобщенная модель параметрического синтеза локальной компьютерной сети, которая позволяет выбрать оптимальное решение с единых системных и критериальных позиций. Ввиду большой сложности была произведена декомпозиция обобщенной модели параметрического синтеза на частные: модель синтеза линий связи и модель синтеза коммутирующих устройств.*

**Ключевые слова:** обобщенная модель, синтез, компьютерная сеть, линия связи, коммутирующее устройство.

### Постановка проблемы

На современном этапе развития компьютерных и информационных систем сетевые технологии – одна из наибольших отраслей компьютерной индустрии. Сеть включает в себя программные и аппаратные компоненты, необходимые для обеспечения связи между различными устройствами как внутри организации, так и с устройствами за её пределами. Аппаратные компоненты (компьютеры, сетевые адаптеры, линии связи, маршрутизаторы и коммутаторы) обеспечивают физические соединения между устройствами. Программные компоненты – протоколы связи и сетевые службы – необходимы для обмена данными между физически соединенными устройствами.

Построение локальных компьютерных сетей (ЛКС) является капиталоемким и расходным, поэтому снижение стоимости ЛКС приводит к большой экономии ресурсов. Именно поэтому разработка эффективных моделей синтеза ЛКС для новых сетевых технологий является актуальной темой исследования. Эффективный синтез ЛКС организации способствует повышению производительности труда, влияет на безошибочность, своевременность обработки информации и принимаемых решений, использованию безбумажной технологии.

### Анализ публикаций

Синтез компьютерных сетей давно находится в сфере интересов ученых, это хорошо разработанная, систематизированная и описанная в литературе проблема. Следствием этого является большое количество моделей и методов решения задач синтеза компьютерной сети по разнообразным ограничениям [1].

До настоящего времени нерешенными являлись вопросы комплексного решения задач структурно-топологического и параметрического синтеза ЛКС с учетом разных типов и видов элементов и Манхеттоновой метрики их соединения.

### Цель и постановка задачи

Целью исследования является повышение эффективности проектирования ЛКС за счет разработки моделей параметрического синтеза по многим критериям.

*Задача параметрического синтеза* заключается в определении наилучших значений параметров для выбранной структуры объекта с учетом всех требований к проектируемому объекту.

### Метод исследования

В общем случае базовую постановку задачи структурно - функционально - топологической оптимизации можно сформулировать следующим образом [2-4].

Известно:

- множество мест размещенных КУ;
- списки абонентов, присоединенных к каждому КУ и топологии соединений абонентов и КУ, КУ и сервера;
- множество типов и видов линий связи и КУ.

Необходимо определить: решения по выбору типов и видов линий связи и коммутирующих устройств.

### Обобщенная модель выбора типов и видов линий связи и коммутирующих устройств [2].

Суть задач выбора типов и видов состоит в выборе функциональных характеристик элементов - линий связи и коммутирующих устройств. Выбранные множества типовых образцов элементов и связей реализуют конкретный вариант ЛКС. Задача решается для конкретных структурных, топологических и технологических характеристик системы. Результаты

решения составляют основу для синтеза элементов, подсистем и связей или выбора их типов из заданного множества образцов. В общем случае типы (параметры), которые и выступают в качестве оптимизируемых переменных, являются взаимозависимыми, что при необходимости получения эффективных решений требует их определения в рамках единой задачи. Такой подход характерен для синтеза систем с одновременным проектированием элементной базы, для системотехнического проектирования более характерен подход, базирующийся на использовании существующей элементной базы.

При построении моделей ЛКС моделируемый объект представляется как совокупность обслуживающих устройств и входного потока, создающего нагрузку на ЛКС. В зависимости от целей исследования конкретных ЛКС [5], многомашинных вычислительных комплексов и наличия соответствующих исходных данных рассматриваются разные режимы и различные уровни детализации внутреннего функционирования абонентов ЛКС.

Работа ЛКС может быть описана совокупностью взаимосвязанных моделей, отражающих различные аспекты системы, результаты решения которых используются в процессе проектирования. При проектировании сложных ЛКС обычно используется метод интерактивного проектирования, который объединяет преимущества двух подходов к решению проблемы – эвристического и математического моделирования. Такой подход позволяет получать данные о характеристиках проектируемой системы при разных эвристических решениях. Начальным этапом создания модели ЛКС является описание концептуальной модели системы. В концептуальной модели должны быть описаны причинно-следственные связи, присущие исследуемому объекту, и которые существенны в рамках определенного исследования

для получения требуемых результатов. Концептуальная модель системы описывает только те явления, происходящие в системе, которые существенны и должны учитываться для проведения планируемых исследований с математической моделью.

Для разработки обобщенной модели выбора типов и видов линий связи и коммутирующих устройств введем следующие обозначения.

Задано [6]:

– множество индексов размещения КУ

$$\bar{G}^{KY} = \{g; g = \overline{0, g'}; \forall \bar{y}_g = 1\};$$

– подмножества абонентов, которые присоединяются к каждому КУ

$$G_g^{AB} = \{q; q = \overline{1, q'}; g = \overline{0, g'}; \forall \bar{x}_{gq}^k = 1\};$$

– выбранные пути соединения точек  $g$  и  $q$

$$\bar{I}^{gq} = \{\bar{k}^{gq}; k = \overline{1, k^{gq}}; g \in \bar{G}^{KY}; q \in G_g^{AB}; \forall \bar{x}_{gq}^k = 1\}.$$

Каждая ЛКС характеризуется рядом показателей:

– приведенные затраты  $F$ ;  
– пропускная способность линий связи между КУ и абонентами, КУ и серверами -  $P$ ;  
– интенсивность отказов КУ и линий связи  $N$ .

Математическая модель выбора типов и видов линий связи и КУ для ЛКС имеет следующий вид. В качестве частных целевых функций могут быть использованы [2-4]:

– минимальные приведенные затраты

$$F = \min \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^v C_{gav} y_{gav} + \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma'} \sum_{k \in I^{gq}} C_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \right), \quad (1)$$

где  $C_{gav}$  – интервальная оценка приведенных затрат на КУ  $a$ -го типа и  $V$ -го вида, установленного в пункте  $g$ ;

$y_{gav} = 1$ , если в пункте  $g$  установлено КУ  $a$ -типа  $V$ -вида,  $y_{gav} = 0$  – в противном случае;

$C_{gq\beta\gamma k}$  – интервальная оценка приведенных затрат линии связи  $\beta$ -го типа и  $\gamma$ -го вида между

абонентом в  $q$ -м пункте и КУ, расположенным в  $g$ -м пункте и соединенных  $k$ -м путем;

$x_{gq\beta\gamma}^k = 1$ , если рассматриваем соединение пунктов  $q$  и  $g$   $k$ -м путем линией связи  $\beta$ -го типа и  $\gamma$ -го вида,  $x_{gq\beta\gamma}^k = 0$  – в противном случае;

– максимальная пропускная способность

$$P = \max \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} P_{gav} y_{gav} + \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} P_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \right), \quad (2)$$

где  $P_{gav}$  – интервальная оценка пропускной способности КУ  $a$ -го типа и  $V$ -го вида, установленного в пункте  $g$ ;  $P_{gq\beta\gamma k}$  – интервальная оценка пропускной способности линии связи  $\beta$ -го типа и  $\gamma$ -го вида между КУ и сервером, абонентом в  $q$ -м пункте и КУ, расположенным в  $g$ -м пункте, соединенных  $k$ -м путем;  $x_{gq\beta\gamma}^k$  – минимальная интенсивность отказов КУ и линий связи

$$N = \min \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} N_{gav} y_{gav} + \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} N_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \right), \quad (3)$$

где  $N_{gav}$  – интервальная оценка интенсивности отказов КУ  $a$ -го типа и  $V$ -го вида, установленного в пункте  $g$ ;  $N_{gq\beta\gamma k}$  – интервальная оценка интенсивности отказов линий связи  $\beta$ -го типа и  $\gamma$ -го вида для абонента в  $q$ -м пункте, подключенного к КУ, расположенному в  $g$ -м пункте и соединенных  $k$ -м путем, для  $g$ -го КУ с сервером и соединенных  $k$ -м путем.

Основные ограничения.

1. Приведенные затраты на синтез компьютерной сети не должны превышать заданного значения  $C_{zad}$

$$\sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} C_{gav} y_{gav} + \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{\substack{q \in G_g^{AB} \\ q \neq g}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} C_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \leq C_{zad}. \quad (4)$$

2. Пропускная способность каждого КУ должна быть не меньше заданной  $p_q^3$

$$\sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} p_{gav} y_{gav} \geq \sum_{q \in G_g^{AB}} p_q^3, \quad \forall g \in \bar{G}^{KY}, \quad (5)$$

где  $p_q^3$  – заданное значения пропускной способности, необходимой для обслуживания требований  $q$ -го абонента подсоединяемого к  $g$ -му КУ.

3. Пропускная способность линий связи каждого КУ с сервером должна быть не меньше заданной  $p_q^3$

$$\sum_{q \in G_g^{AB}} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} p_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \geq \sum_{q \in G_g^{AB}} p_q^3, \quad \forall g \in \bar{G}^{KY}. \quad (6)$$

4. Пропускная способность линии связи каждого абонента с КУ должна быть не меньше заданной  $p_q^3$

$$\sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in I^{gq}} p_{gq\beta\gamma k} x_{gq\beta\gamma}^k \geq p_q^3, \quad g \in \bar{G}^{KY}; \quad q \in G_g^{AB}. \quad (7)$$

5. Для каждого места размещения КУ может быть выбран только один его тип и вид

$$\sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} y_{gav} = 1, \forall g \in \bar{G}^{KY}. \quad (8)$$

6. Каждая линия связи должна быть обеспечена только одним типом и видом кабеля

$$\sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in \bar{I}^{gq}} x_{gq\beta\gamma}^k = 1; g \in \bar{G}^{KY}; q \in G_g^{AB}. \quad (9)$$

Приведенная обобщенная модель параметрическая синтеза ЛКС (1) – (9) относится к задачам дискретного программирования с булевыми переменными.

Ввиду большой сложности и размерности обобщенную модель синтеза декомпозировали на две более простые модели: модель синтеза линий связи и модель синтеза коммутирующих устройств (элементной базы), поскольку после определения параметров линий связи возможно определить параметры КУ.

**Частная модель выбора типов и видов линий связи [2-4].**

Целевые функции:

– максимальная пропускная способность линий связи:

$$P' = \max \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in \bar{I}^{gq}} P_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \right); \quad (10)$$

– минимальные приведенные затраты на линии связи:

$$F' = \min \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in \bar{I}^{gq}} C_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \right); \quad (11)$$

– минимальная интенсивность отказов линий связи:

$$N' = \min \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in \bar{I}^{gq}} N_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \right). \quad (12)$$

Область допустимых решений задается такими ограничениями:

– приведенные затраты на линии связи должны быть не больше заданного  $C_{zad}^{ЛС}$

$$\sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{q \in G_g} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in \bar{I}^{gq}} C_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \leq C_{zad}^{ЛС}; \quad (13)$$

– пропускная способность линий связи каждого КУ с сервером должна быть не меньше заданной

$$\sum_{q \in G_g} \sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in \bar{I}^{gq}} p_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \geq \sum_{q \in G_g} p_q^3; \forall g \in \bar{G}^{KY}; \quad (14)$$

– пропускная способность линий связи каждого абонента с КУ должна быть не меньше заданной

$$\sum_{\beta=1}^{\beta'} \sum_{\gamma=1}^{\gamma^\beta} \sum_{k \in \bar{I}^{gq}} p_{gq\beta\gamma} x_{gq\beta\gamma}^k \geq p_q^3; g \in \bar{G}^{KY}; q \in G_g^{AB}. \quad (15)$$

**Частная модель выбора типов и видов коммутирующих устройств [2-4].**

Целевые функции:

– максимальная пропускная способность КУ:

$$P'' = \max \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} P_{gav} y_{gav} \right); \quad (16)$$

– минимальные приведенные затраты на КУ:

$$F'' = \min \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} C_{gav} y_{gav} \right); \quad (17)$$

– минимальная интенсивность отказов КУ:

$$N'' = \min \left( \sum_{g \in \bar{G}^{KY}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} N_{gav} y_{gav} \right). \quad (18)$$

Область допустимых решений задается такими ограничениями:

– приведенные затраты на КУ должны быть не больше заданных  $C_{\text{zad}}^{\text{KY}}$

$$\sum_{g \in \bar{G}^{\text{KY}}} \sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} C_{\text{gav}} y_{\text{gav}} \leq C_{\text{zad}}^{\text{KY}}; \quad (19)$$

– пропускная способность каждого КУ должна быть не меньше заданной

$$\sum_{a=1}^{a'} \sum_{v=1}^{v^a} p_{\text{gav}} y_{\text{gav}} \geq \sum_{q \in G_g^{\text{AB}}} p_q^3, \quad g \in \bar{G}^{\text{KY}}. \quad (20)$$

### Результаты исследования

Рассмотрим пример практической реализации параметрического синтеза ЛКС на ранних этапах, когда необходимо разработать технико-экономическое обоснование применения нечетких моделей.

Дано: план здания, в котором размещаются КУ, сервер и абоненты, причем, на первом этаже размещаются 3 абонента и сервер, на втором - 18 абонентов, с известными структурой и топологией. Необходимо определить параметрические характеристики ЛКС, т.е. тип и вид линий связи и коммутирующих устройств.

Проведем выбор оборудования для ЛКС с точки зрения нечеткости информации при принятии решений.


Фрагмент выбора типа линий связи для задачи синтеза ЛКС приведен в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики и результаты выбора линий связи

Типы и виды ЛС	Стоимость, грн	Функция полезности	Пропускная способность	Функция полезности	Необходимость короба	Функция полезности	Обобщенный критерий
Кабель АМР экранированный, FTP кат.5е, 4 пары, бухта 305 метров, цена за 1 метр (219413-5)	7,10	0,247	100	0,091	0	1	0,446
Кабель АМР экранированный, FTP кат.5, 4 пары, бухта 305 метров, цена за 1 метр, (57820-2) (обжимается только на патч-панели и розетки)	2,70	0,79012	100	0,091	0	1	0,627
Кабель АМР неэкранированный, UTP кат.5е, 4 пары, бухта 305 метров, цена за 1 метр, (57535-5)	5,40	0,457	100	0,091	1	0	0,183
Кабель для локальной сети - Одескабель, UTP, с5е, для внешнего монтажа, 305 метров, цена за 1 метр(ОС-UTP5е-VN-BOX)	3,30	0,716	100	0,091	0	1	0,602
Кабель для локальной сети - Одескабель, FTP, с5е, 305 метров, цена за 1 метр(ОС-FTP5е-BOX)	3,90	0,6412	100	0,091	1	0	0,244

\* \*  – допустимые типы и виды линий связи;  – выбранный тип и вид линий связи;

 – недопустимые типы и виды линий связи.

Из множества допустимых вариантов выбран один тип новой линии связи по приведенным критериям с применением аддитивного критерия и функции принадлежности - кабель AMP экранированный, FTP кат. 5, 4 пары.



На следующем шаге процесса синтеза ЛКС проводим выбор типа и вида КУ для варианта организации одного логического сегмента.


Фрагмент выбора типа и вида КУ для задачи синтеза ЛКС с одним логическим сегментом представлен в таблице 2.

Таблица 2

## Характеристики и результат выбора КУ

Типы и виды коммутирующих устройств	Стоимость, грн	Функция полезности	Пропускная способность	Функция полезности	Количество портов	Функция полезности	Обобщенный критерий
Коммутатор D-Link DES-1005D	132,00	0,999	100	0,091	5	0	0,363
Коммутатор Airties NSW-108	144,00	0,998	100	0,091	8	0,070	0,386
Коммутатор D-Link DES-1024D	522,00	0,966	1000	1,000	24	0,442	0,803
Коммутатор D-Link DES-3526	2024,00	0,839	1000	1,00	24	0,442	0,760
Коммутатор 24 портов AT-FS724L	722,00	0,949	1000	1,000	24	0,442	0,797
Коммутатор 3Com Baseline Plus Switch 2250 3CBLSF50H-ME	3264,00	0,734	1000	1,000	16	0,256	0,663
Коммутатор D-Link DES-3028	2058,00	0,836	1000	1	28	0,535	0,790

\*  – допустимые типы и виды КУ;  – выбранный тип и вид КУ;

 – недопустимые типы и виды линий связи.

Из множества допустимых вариантов выбран только один КУ по частным критериям с учетом ограничения по стоимости КУ и интервальной оценки весомости критериев - коммутатор D-Link DES-1024D с 24 портами.

Для организации ЛКС с двумя логическими сегментами необходимо произвести выбор КУ для первого этажа. С учетом интервальной оценки весомости выбран коммутатор D-Link DGS-1008D с 8 портами. Для организации отдельного логического сегмента на втором этаже используем принятое решение для первого варианта (с одним логическим сегментом), поскольку нет КУ на 18 портов.

## Выводы

Таким образом, разработаны модели выбора типов и видов линий связи и коммутирующих устройств локальной компьютерной сети, которые, в отличие от известных, за счет учета типов и видов линий связи и коммутирующих устройств и интервальных оценок их параметров, позволяют принимать рациональные решения в условиях нечеткой информации по функциональным и экономическим критериям.

## Література

1. Петров, Э.Г. Территориально распределенные системы обслуживания [Текст] / Э.Г. Петров, В.П. Пискалова, В.В. Бескоровайный. – К.: Техніка, 1992. – 208 с.
2. Нефёдов, Л.И. Модель параметрического синтеза линии связи и коммутирующих устройств территориально распределенной компьютерной сети [Текст] / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, О.Н. Замирец, А.Б. Биньковская // Технология приборостроения. – 2010. – № 2. – С. 30–33.
3. Нефёдов, Л.И. Модель синтеза линий связи и коммутирующих устройств территориально распределенной компьютерной сети [Текст] / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская, О.В. Василенко, О.Н.Кудырко // Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов: матер. V науч.-практ. конф. при участии молодых ученых и студентов, 20 - 22 окт., 2010 г. – Харьков, 2010. – С. 290 – 292.
4. Нефёдов, Л.И. Модели параметрического синтеза каналов связи и коммутирующих устройств компьютерной сети [Текст] / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковская // Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами: тезисы докл. IX Междунар. науч.-практ. конф., 12 - 18 сент. 2011 г. – Харьков-Алушта, 2011. – С. 50 – 51.
5. Петров, Э.Г. Алгоритмы структурно-топологической оптимизации централизованных сетевых системы [Текст] / Э.Г. Петров, А.Б. Болотов, В.В. Бескоровайный // Механизация и автоматизация управления. – 1986. – № 1. – С. 28–31.
6. Нефёдов, Л.И. Модель визначення місць розміщення комутуючих пристроїв та варіантів топології при синтезі КМ [Текст] / Л.И. Нефёдов, М.В. Шевченко, Ю.А. Петренко, А.Б. Биньковська, О.В. Василенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 5/2 (47). – С. 33–36.

**Биньковська А.Б. Моделі вибору типів і видів ліній зв'язку і комутуючого пристрою локальної комп'ютерної мережі в умовах нечіткої інформації.** У статті розроблена узагальнена модель параметричного синтезу локальної комп'ютерної мережі, що дозволяє вибрати оптимальне рішення з єдиних системних та критеріальних позицій. Через велику складність була зроблена декомпозиція узагальненої моделі параметричного синтезу на частки: модель синтезу ліній зв'язку й модель синтезу комутуючих пристроїв.

**Ключові слова:** узагальнена модель, синтез, комп'ютерна мережа, лінія зв'язку, комутуючий пристрій.

**Binkovskaya A.B. SELECTION OF MODELS OF TYPES AND FORMS OF COMMUNICATION AND SWITCHING DEVICES OF LOCAL COMPUTER NETWORK UNDER THE CONDITION OF FUZZY INFORMATION.** A generalized model of a local computer network parametric synthesis which allows choosing the optimum decision from single system and criteria positions has been developed in the article. The decomposition of the generalized model of parametric synthesis into quotients: communication lines synthesis model and switching devices synthesis model has been performed considering great degree of complexity.

**Key words:** generalized model, synthesis, computer network, communication line, switching device.

Рецензент д.т.н., професор Нефёдов Л.И. (ХНАДУ)

*Поступила 15.04.2014г.*