

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{н\ кр} \leq f_{сзу} \leq f_{в\ кр} \\ f_{н\ кр} \geq f_c 10^{\frac{A_{затух}^{треб}}{20n}} \\ f_{в\ кр} \leq \frac{K_3^2}{a^2 \pi \mu_a \sigma} \end{array} \right. \quad (14)$$

При выше оговоренных численных значениях параметров, входящих в (14), имеем для типовой ЭС РДЧ  $10\text{ кГц} \leq f_{сзу} \leq (400\dots 800)\text{ кГц}$ .

#### IV Выводы

1. Проведена оптимизация частотного диапазона работы СЗУ. Показано, что нижнее значение частоты СЗУ ограничено требуемым затуханием сетевого напряжения (220 В, 50 Гц) в элементах СЗУ для их нормального функционирования. Верхняя граница рабочей частоты обусловлена необходимостью учета скин-эффекта, условиями, при которых излучение ЭС в пространство минимально.

2. Рассчитано, что для типовых двухпроводных ЭС диапазон работы СЗУ может составлять значения от сотен Гц – десятков кГц до нескольких сотен кГц, что подтверждается результатами зарубежных практических исследований СЗУ [8]. Конкретный диапазон рабочих частот СЗУ зависит от его массогабаритных характеристик (количества звеньев  $n$  в ФВЧ), электромагнитных свойств провода ЭС (относительной магнитной проницаемости  $\mu$  и удельной проводимости материала провода  $\sigma$ ) и его толщины (радиуса  $a$ ).

3. Полученные результаты более хорошо, чем известные источники [1, 2] согласуются с опубликованными в Интернет данными американских специалистов в области TSCM (комплексной безопасности и мониторинга выделенных помещений) Granite Island Group по исследованиям радиочастотного спектра, используемого мировыми производителями устройств аудиоконтроля [8]. В них, в частности, выделены три “окна угроз”, в которых с разной вероятностью возможно применение СЗУ: первое окно – высокая вероятность применения СЗУ – диапазон частот от 100 до 450 кГц, второе – средняя вероятность – от 3 до 750 кГц, третье – от 5 до 3000 кГц – при относительно низкой вероятности применения СЗУ.

*Литература:* 1. Хорев А. А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации. Учебное пособие – М.: Гостехкомиссия России, 1998. – 320 с. 2. Энциклопедия промышленного шпионажа/ Под ред. Е. В. Куренкова. С.-Петербург: "Изд. Полигон", 1999. – 512 с. 3. Емельянов С. Л., Логвиненко Н. Ф., Марков С. И., Носов В. В. Технические методы защиты каналов утечки информации по электросети// Бизнес и безопасность. – 2000. – №2. – С.8–9. 4. С. А. Сухоруков. Защита компьютерных систем от преднамеренного разрушения воздействием по сети питания//Защита информации. Конфидент. – 1996. – №3. – С.73–81. 5. Подавление электромагнитных помех в цепях электропитания// Г. С. Векслер и др. К.: Техника. – 1990. – 167 с. 6. И. С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь. – 1986. – 512 с. 7. Красюк Н. П., Дымович Н. Д. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебное пособие для радиотехнических вузов и факультетов. – М.: Высшая школа. – 1974. – 536 с. 8. <http://www.bnti.ru>. James M. Atkinson, Granite Island Group. Частоты закладок.

УДК 381.

## СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Сергей Ливенцев, Алексей Кувшинов, Дмитрий Миночкин  
СФ СБУ ВИТИ НТУУ «КПИ»

*Аннотация:* Предложена модель информационно-телекоммуникационной системы, как

организационной иерархической системы. При этом оптимизация структуры рассматривается отдельно от остальных свойств системы.

*Summary:* Model of information and telecommunication system as organizing hierarchical system is suggested. At that optimization of the structure is examined separately from the rest of system characteristics.

*Ключевые слова:* Иерархическая структура, информационно-телекоммуникационная система.

## I Введение

Под системой в самом общем смысле слова обычно понимают совокупность некоторых элементов и связей между ними. Понятие информационно-телекоммуникационной системы (ИТКС) как организационной системы включает в себя также поведение отдельных элементов и подсистем, которое связано с целенаправленностью, определяемой как оптимизация некоторого функционала [1]. Несмотря на большое количество работ [2 – 7] по проблемам математического моделирования структур ИТКС как организационных систем, в настоящее время не только не создана общая их теория, но отсутствует даже общепринятое определение [8, 9], не сводящееся к перечислению различных примеров, а известные модели касаются отдельных аспектов функционирования конкретных систем.

Важнейшим свойством ИТКС специального назначения (СН) как организационных систем является иерархичность структуры, то есть определенная соподчиненность элементов и подсистем. В то же время пока не создано единого методологического подхода к исследованию ИТКС СН как многоуровневых систем с иерархической структурой [10, 11]. Причем наименее разработанной является проблема синтеза иерархической структуры ИТКС: поиск структуры общего вида, оптимальной в смысле некоторого критерия. В подавляющем большинстве существующих моделей [3 – 9] рассматриваются только линейные структуры, а ограничения, критерий оптимальности и методы исследования определяются спецификой конкретной задачи.

Мобильные сети стандарта 3G предполагают иерархическую организацию сот, что способствует улучшению качества обслуживания и повышению эффективности использования полосы частот [12]. Структура сети сотовой связи в спецификации ИМТ-2000 схематически изображена на рис. 1, из анализа

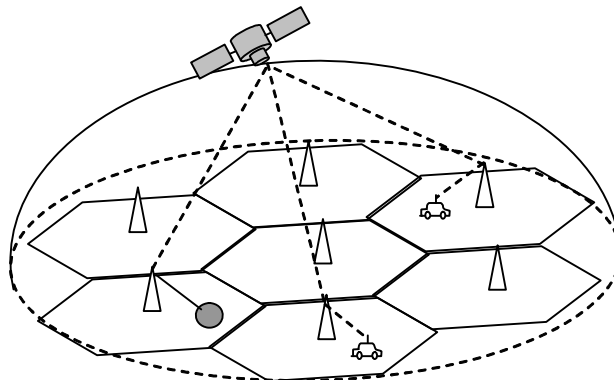


Рисунок 1

которого следует, что ИТКС предполагает объединение самых различных технологий подвижной связи – от корпоративных пикосотовых структур, размещающихся внутри зданий, до глобального спутникового покрытия (рис. 2). Таким образом, можно говорить об иерархической структуре сетей 3G. Пико- и микросоты предназначены для обслуживания медленнодвижущихся абонентов (пешеходов), в то время как макросоты и области спутникового покрытия – для обслуживания абонентов с высокой и очень высокой скоростью (автомобили, поезда и т. п.).

Термины *микросота* и *макросота* подразумевают структурные элементы соседних уровней в иерархической сотовой сети. Так, микросота является макросотой по отношению к пикосоте, которая является по отношению к ней микросотой. Абоненты также подразделены по скорости передвижения на два типа: быстрые, обслуживаемые макросотами, и медленные, обслуживаемые микросотами. Для проектирования иерархических сотовых сетей разработано несколько шаблонов, из которых наиболее известно разбиение сети на кластеры по 7 сот, имеющих форму правильного шестиугольника, и покрытие каждого кластера одной макросотой (рис. 2) [13].

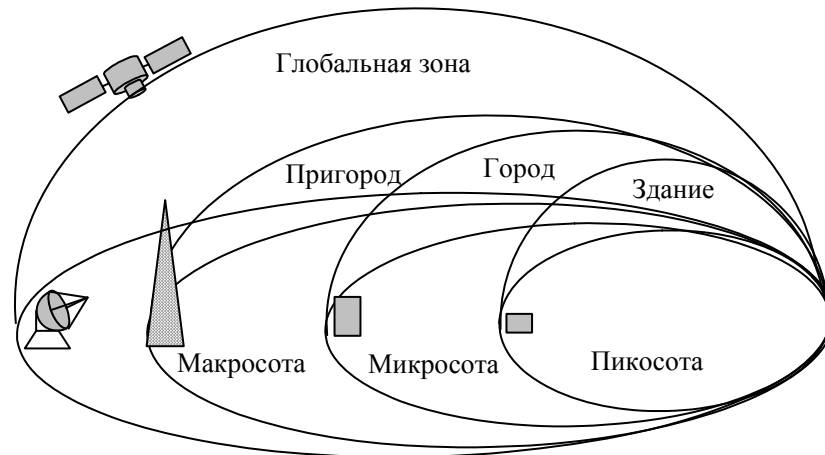


Рисунок 2

Кроме обслуживания абонентов с различными скоростными характеристиками, макросота может также выступать в качестве дополнительного разделяемого ресурса по отношению в микросотам. Это означает, что при нехватке в микросоте каналов для обслуживания входящего вызова (нового, либо переданного из другой микросоты в процессе хэндовера), она может передать входящий вызов на обслуживание в макросоту. Такая технология позволяет оперативно реагировать на изменение абонентской нагрузки в зоне покрытия макросоты. При использовании макросоты в качестве разделяемого ресурса должна действовать политика доступа, наиболее точно соответствующая динамике изменения нагрузки на микросоты.

## II Постановка задачи

В [8] исследуется абстрактное множество иерархических структур общего вида (ориентированных ациклических графов) с произвольным критерием оптимальности (функционалом). При определенных ограничениях методы решения этой задачи статической оптимизации структуры описаны в [5 – 7]. Однако, поскольку оптимальная структура неявным образом зависит от «внешних условий», актуальной является и задача «динамической оптимизации», то есть поиск оптимальной иерархической структуры на заданном временном интервале с учетом изменений «внешней среды». В этом случае кроме эффективности структуры необходимо учитывать и «гибкость» ее перестроения при изменениях среды. Эта задача является ключевой в некоторых моделях «устойчивого развития» [4]. Динамическая оптимизация напрямую связана и с проблемой выбора оптимального числа уровней иерархии в зависимости от внешних условий, которая обсуждается в большинстве работ (например [11]) лишь на качественном уровне.

В данной работе рассматривается синтез формальной математической модели количественного анализа оптимального баланса «статической» и «динамической» эффективности структуры ИТКС СН как организационной системы. При этом оптимизация структуры рассматривается отдельно от остальных свойств ИТКС СН (например, законов ее функционирования), то есть структура ИТКС рассматривается «сама по себе».

## III Основная часть

Введем основные понятия и определения. Множеством элементов ИТКС называется конечное множество  $N = \{a_1, \dots, a_n\}$ , а группой элементов ИТКС – любое непустое подмножество  $N$ . Множество групп обозначим через  $F = 2^N \setminus \{\emptyset\}$ . Под мощностью группы  $g \in F$  понимается количество содержащихся в ней элементов  $|g|$ , а элементарной группой назовем группу единичной мощности.

Для ИТКС СН как организационной системы множество элементов соответствует множеству элементов системы, выполняющих некоторые операции, необходимые для выполнения ИТКС своих функций. Основная задача структуры системы – организация взаимодействия элементов в некоторых группах, каждая из которых реализует некоторую заданную функцию системы. Формально определим структуру ИТКС СН следующим образом.

Ориентированный ациклический граф  $G = (V, E)$  будем называть графом системы (организацией) над

множеством элементов  $N$ , если выполнены следующие условия:

- 1) в вершинах графа находятся группы элементов, то есть для любой вершины  $g \in V$  выполнено  $g \in F$ ;
- 2) для любой группы  $g \in \mathcal{V}N_G$  выполнено  $g = \bigcup_{h \in Q_G(g)} h$ , где через  $Q_G(g) = \{h: h \in V, (h, g) \in E\}$

обозначено множество вершин графа  $G$ , из которых идут ребра в  $g$ , а через  $N_G = \{g \in V: Q_G(g) = \emptyset\}$  обозначено множество начальных вершин  $G$ ;

- 3) любая группа  $g \in N_G$  элементарна.

Группа  $g \in \mathcal{V}N_G$  организуется из подгрупп множества  $Q_G(g)$ . Группы  $g \in V$ , из которых не выходит ребер, называются терминальными, а множество терминальных групп обозначаются как  $T_G$ .

Таким образом, в графе системы каждая нена начальная группа  $g \in \mathcal{V}N_G$  организуется из непосредственно подчиненных ей подгрупп ( $g$  равна объединению подгрупп из  $Q_G(g)$ ). Начальные («нижние») вершины графа, в которые не входит ребер, являются элементарными группами.

Величина

$$P(G) = \sum_{g \in \mathcal{V}N_G} P(g_1, \dots, g_k) \quad (1)$$

называется функционалом веса организации  $G = (V, E)$ , где  $Q_G(g) = \{g_1, \dots, g_k\}$ , а  $P\{g_1, \dots, g_k\} \geq 0$  – величина, зависящая от набора групп  $g_1, \dots, g_k$  и не изменяющаяся при перестановке групп набора  $g_1, \dots, g_k$ .

Таким образом, вес  $G$  складывается из суммы весов организации всех нена начальных групп  $g \in \mathcal{V}N_G$  – неотрицательных величин, зависящих от набора подгрупп, из которых организуется  $g$ .

Множество организаций, в которые входят заданные неэлементарные группы  $f_1, \dots, f_m$ , обозначается как  $O(\mathbf{f})$ , где  $\mathbf{f} = \{1, \dots, f_m\}$ . Любой граф из  $O(\mathbf{f})$  является организацией набора групп  $\mathbf{f} = \{f_1, \dots, f_m\}$ , а нена начальная группа, отличная от  $f_1, \dots, f_m$ , – промежуточной. Таким образом, задача поиска системы минимального веса на множестве  $O(\mathbf{f})$  является задачей об оптимальной (в статике) системе. То есть задача об оптимальной системе соответствует задаче поиска структуры, организующей взаимодействие элементов в некоторых группах, необходимых для выполнения ИТКС СН своих функций. Далее будем считать, что все терминальные вершины графов из  $O(\mathbf{f})$  содержатся среди групп набора  $\mathbf{f}$ , т. к. иначе их можно удалить без увеличения веса.

Как показано в [8], если задано произвольное множество структур (ориентированных ациклических графов) с произвольным функционалом стоимости, то при выполнении свойства структурности функционала общая задача сводится к задаче на некотором множестве графов систем с функционалом веса (1).

Статические модели поиска оптимальной структуры предполагают минимизацию некоторого критерия оптимальности на определенном множестве структур. Ключевым моментом при определении статической модели является выбор функционала веса. Для различных примеров организационных систем накоплен огромный эмпирический материал, позволяющий определить некоторые агрегированные параметры структуры. Такие исследования позволяют сравнивать некоторые «типичные» структуры и выбирать из них наиболее подходящую для конкретной системы. Тестирование функционалов на этих «типичных» вариантах позволяет уточнять их вид и параметры, исходя из эмпирических данных и результатов моделирования. Далее принимается, что функционал веса некоторым образом задан.

Последовательной организацией ИТКС называется граф  $G = (V, E) \in O(N)$ , для любой вершины  $g \in \mathcal{V}N_G$  которого выполнено  $Q_G(g) = \{g_1, g_2\}$ , причем хотя бы одна из групп  $g_1, g_2$  элементарна, а  $O_p(\mathbf{f})$  является множеством последовательных организаций из  $O(\mathbf{f})$ .

Веерной организацией групп  $f_1, \dots, f_m$  ИТКС считается организация, которая содержит группы  $f_1, \dots, f_m$ , и элементарные группы  $\{a\} \subseteq f_1 \cup \dots \cup f_m$ , причем каждая группа  $f_1, \dots, f_m$ , организуется из составляющих ее элементарных подгрупп.

Примеры организаций приведены на рис. 3. Слева изображена веерная организация групп  $f_1 = \{a_1, a_2, a_3\}$  и  $f_2 = \{a_2, a_3, a_4\}$ , при которой элементы организуются в группы  $f_1$  и  $f_2$  без промежуточных групп. Справа приведен пример последовательной организации групп  $f_1$  и  $f_2$ .

Элементы  $a_2$  и  $a_3$  организуются в промежуточную группу  $\{a_2, a_3\}$ , которая используется как для организации  $f_1$ , так и для организации  $f_2$ .

При переходе от статических моделей к динамическим будем считать, что функционал  $P$  соответствует весу функционирования системы (затратам) в течение единицы времени. При изменении условий функционирования старая структура может не отвечать новым требованиям и необходима реструктуризация (перестроение), требующая некоторых затрат. В [16] определена стоимость реорганизации  $\rho(G', G'')$  графа  $G'$  в граф  $G''$ , т. е. стоимость перестроения организации  $G'$  в организацию  $G''$

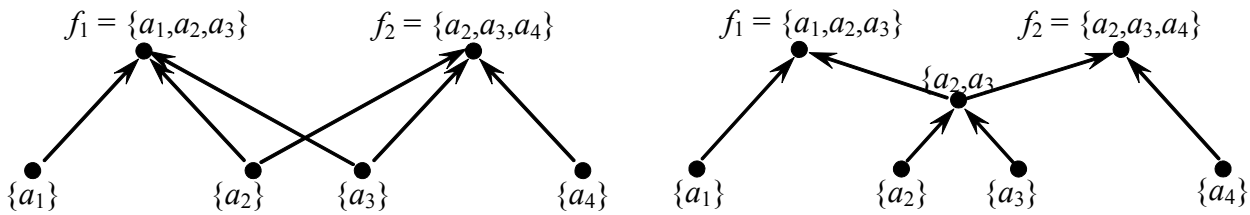


Рисунок 3

(в частности, стоимость  $\rho(\emptyset, G)$  создания организации  $G$  «с нуля» и стоимость  $\rho(G, \emptyset)$  деорганизации  $G$ ). Стоимость реорганизации вычисляется на основании известных величин:  $\rho'(a)$  – стоимость исключения элемента  $a$  из группы;  $\rho''(a)$  – стоимость включения элемента  $a$  в группу. Тогда  $G'$  реорганизуется в  $G''$  путем последовательного исключения и включения исполнителей. Стоимость реорганизации  $\rho(G', G'')$  равна минимальной суммарной стоимости всех исключений и включений и при  $\rho'(a) = \rho''(a) > 0$  будет метрикой на множестве графов организации.

Вопрос о выборе критерия оптимальности в динамике для организационных систем не имеет однозначного решения [3, 11]. В отсутствие исчерпывающего прогноза изменений внешней среды постановка оптимизационной задачи включают в себя элементы эмпирики.

Ограничения на траектории структур (графов) могут описываться различным образом. Ниже рассмотрено ограничение на преобразования структуры – в каждый момент времени она должна быть графом организации некоторого набора групп, определяемого «внешней средой». Рассмотрим модификацию структуры на протяжении  $T$  единиц времени.

Через  $\mathbf{f}^t = \{f_1^t, \dots, f_m^t\}$ ,  $t = \overline{1, T}$  обозначим определяемый «внешней средой» набор групп элементов, которые должны быть организованы на протяжении единицы времени  $t$  для выполнения ИТКС некоторых функций, а структурой организационной системы на протяжении единицы времени  $t$  назовем любой граф организации  $G^t \in O(\mathbf{f}^t)$  набора групп  $\mathbf{f}^t$ .

Решение «управляющего органа» относится к «внешним условиям», а выбор структуры осуществляется по некоторым образом заданному набору групп. То есть, задача оптимизации структуры ИКС решается отдельно от остальных задач управления организационной системой. Такой подход позволяет исследовать структурные явления «сами по себе» и будет способствовать построению общей модели оптимального управления ИТКС СН как организационной системы.

Множество всевозможных наборов групп из  $F$  обозначим через  $\mathbf{F}$ . Информацией о внешней среде, известной к началу единицы времени  $t$ , являются наборы групп  $\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^t$ , динамикой внешней среды называются наборы  $\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T$ .

Таким образом, к началу единицы времени  $t$  известно, какой набор групп  $\mathbf{f}^t$  необходимо организовать, и какие наборы групп следовало организовать на протяжении предыдущих единиц времени. То есть, известна «история» изменения внешней среды.

Управлением структурой организационной системы в момент времени  $t$  является отображение  $\Psi^t: \mathbb{F} \times \mathbb{F} \times O(\mathbf{f}^{t-1}) \rightarrow O(\mathbf{f}^t)$ , первые  $t$  аргументов которого представляют собой информацию о

внешней среде, а последний – структуру системы на протяжении единицы времени  $t - 1$ ,  $t = \overline{2, T}$ .

Управлением в первый момент времени является отображение  $\Psi^1: \mathbf{F} \rightarrow O(\mathbf{f}^1)$ , а совокупность управлений  $\Psi^t$  на изучаемом отрезке времени обозначается через  $\Psi = (\Psi^1, \dots, \Psi^T)$  и называется управлением.

Управление структурой будет простейшим, если для любого  $t = \overline{1, T}$  выполнено  $\Psi^t: \mathbf{F} \rightarrow O(\mathbf{f}^t)$ .

Управление структурой в момент времени  $t$  определяет  $G^t \in O(\mathbf{f}^t)$  – граф организации заданного внешней средой набора групп  $\mathbf{f}^t$ , то есть структуру организационной системы на протяжении единицы времени  $t$ , исходя из известной информации о внешней среде и «текущей» структуры системы, то есть структуры на протяжении единицы времени  $t-1$ . Структура в первый момент времени выбирается из множества  $O(\mathbf{f}^1)$  без учета какой-либо информации, так как к этому моменту известен лишь набор групп  $\mathbf{f}^1$ . Простейшее управление структурой выбирает  $G^t$  из множества  $O(\mathbf{f}^t)$  без учета информации о состоянии внешней среды в предыдущие единицы времени и без учета «текущей» структуры системы.

Результатом управления структурой является величина

$$R(\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T, \Psi) = \left| \sum_{i=1, T} (P(G^i) + \rho(G^{i-1}, G^i)) \right| / T,$$

где  $G^0 = G^1 = \Psi^1(\mathbf{f}^1)$ ,  $G^t = \Psi^t(\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^t, G^{t-1})$  для  $t = \overline{2, n}$ .

Первая и вторая часть результата соответственно обозначается через  $P(\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T, \Psi) = \left( \sum_{t=1, T} P(G^t) \right) / T$

$$\text{и } \rho(\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T, \Psi) = \left( \sum_{t=1, T} \rho(G^{t-1}, G^t) \right) / T.$$

Если динамика внешней среды задана, то можно определить  $R(\Psi)$ ,  $P(\Psi)$ ,  $\rho(\Psi)$ .

Результат управления структурой при каждом  $t$  складывается из затрат на функционирование системы, определяемых функционалом  $P$ , и из затрат на реструктуризацию  $\rho(G^t, G^{t-1})$ , то есть из стоимости создания (построения) структуры  $G^t$  из сложившейся к началу единицы времени  $t$  структуры  $G^{t-1}$ . Считаем, что в первый момент времени структура  $G^1$  «уже имеется» и не требует затрат на построение ( $G^0 = G^1$ ). Результат зависит от динамики внешней среды  $\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T$  и от управления  $\Psi$ , определяющего структуры  $G^1, \dots, G^T$ .

Оптимальным является управление структурой  $\Psi$ , минимизирующее результат, то есть  $\arg \min_{\Psi} R(\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T, \Psi)$ . Таким образом, оптимальное управление минимизирует средние затраты на функционирование ИТКС и на реструктуризацию на протяжении конечного числа единиц времени  $T$ . Оптимальное управление зависит от динамики внешней среды  $\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T$ , которая, как правило, заранее неизвестна. В [7] определено управление в среднем при некотором прогнозе (вероятностном распределении) динамики внешней среды.

Задача об оптимальном управлении структурой ИТКС представляется весьма сложной для аналитического решения. Однако, если отображения  $\Psi^1, \dots, \Psi^T$  эффективно вычисляются, то результат управления структурой при заданной динамике внешней среды  $\mathbf{f}^1, \dots, \mathbf{f}^T$  также может быть эффективно вычислен. Таким образом, если рассматривается набор эффективно вычисляемых управлений структурой ИТКС, то среди них можно найти оптимальное.

Для произвольного графа организации  $G = (V, E) \in O(N)$  уровнем  $L_G(g)$  вершины  $g \in V$  считаем максимальную длину пути из  $g$  в терминальную вершину. Уровень любой вершины конечен в силу ацикличности графа организации. Уровень терминальных вершин нулевой, уровень остальных вершин равен максимальной длине цепочки «начальников» данной вершины, то есть максимальной длине пути в терминальную вершину.

Уровнем  $L(G)$  графа  $G = (V, E) \in O(N)$  является максимальный уровень вершины графа:  $\max_{g \in V} L_G(g)$ .

Для произвольного графа организации  $G = (V, E) \in O(\mathbf{f})$  набора групп  $\mathbf{f} = \{f^1, \dots, f^t\}$   $l$ -усечением графа  $G$ ,  $l > 1$  называется граф  $G_l \in O(\mathbf{f})$ , который получается в результате следующей процедуры. Удаляются из  $G$  неначальные вершины с уровнем, большим или равным  $l$ , вместе с инцидентными им ребрами. Получается граф  $G' = (V', E')$ , где  $V' = (V \setminus \{g : L_G(g) \geq l\}) \cup N_G$ . Если неначальная вершина  $g \in V'$  не покрывается в  $G'$  подгруппами из  $Q_{G'}(g)$ , то добавляем к  $E'$  ребра  $(\{a\}, g)$  для всех  $a \in g \setminus \bigcup_{h \in Q_{G'}(g)} h$ .

Если для некоторого  $1 \leq i \leq m$   $f_i \notin V'$ , то добавим к  $V'$  группу  $f_i$ , а к  $E'$  ребра  $(\{a\}, f_i)$  для  $a \in f_i$ . В результате получим граф  $G_l \in O(\mathbf{f})$  организации групп набора  $\mathbf{f}$ .

Если  $l > L(G)$ , то никаких перестроений не происходит. При  $l \leq L(G)$  в графе  $G_l$  останутся начальные вершины и вершины с уровнем  $l-1$  и менее. Следовательно, уровень некоторых начальных вершин будет равен  $l$ , то есть, выполнено  $L(G_l) = l$ . Таким образом,  $G_l$  получается из  $G$  с сохранением  $l$  старших уровней иерархии (с номерами от 0 до  $l-1$ ) и удалением остальных неначальных вершин.

На рис. 4 и 5 приведен пример графа  $G$  организации двух групп  $f_1, f_2$  и его 2-усечение  $G_2$ .

Итак, для любого графа  $G \in O(\mathbf{f})$  дает ряд графов  $G_1, G_2, \dots, G_{L(G)} \in O(\mathbf{f})$ , первый из которых представляет собой «простейшую» веерную организацию, последний совпадает с графом  $G$ .

То есть, в графах  $G_1, G_2, \dots, G_{L(G)}$  последовательно «появляются» новые уровни управляющих (неначальных) вершин до тех пор, пока не будет получена исходная организация  $G$ .

В каждый момент времени 1-управление  $\Psi_1$  определяет веерную организацию заданного внешней

средой набора групп. В [16] показано, что в этом случае стоимость реорганизации минимальна, то есть  $\Psi_1$  минимизирует затраты на реорганизацию (вторую часть результата  $P(\Psi_1)$ ).

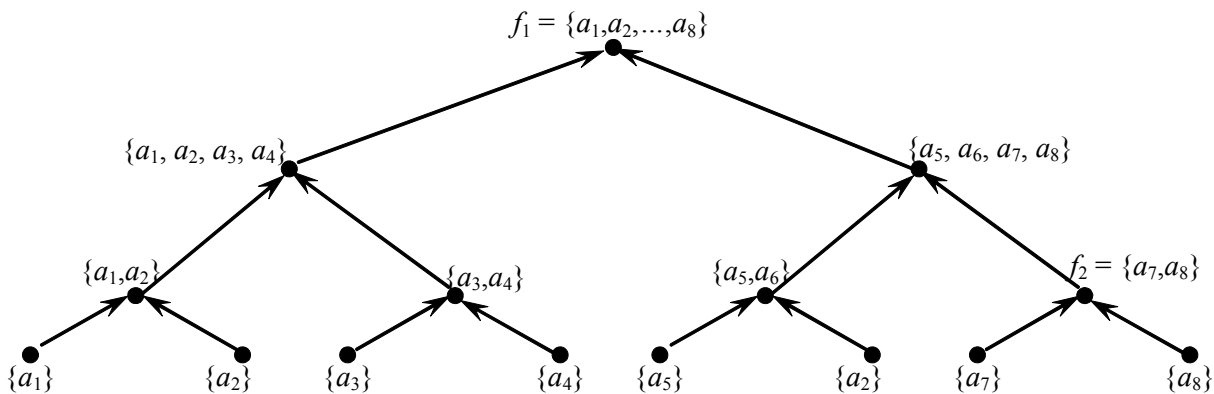


Рисунок 4

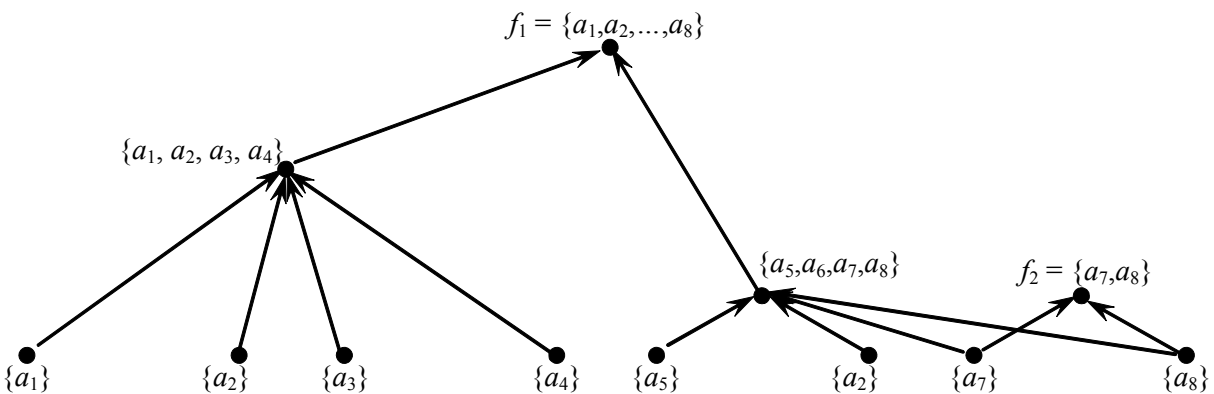


Рисунок 5

При достаточно большом  $l = l_{\max}$  управление  $\Psi_{l_{\max}}$  определяет оптимальную (в статике) организацию заданного набора групп. То есть управление  $\Psi_{l_{\max}}$  минимизирует суммарные затраты на функционирование системы (первую часть результата  $P(\Psi_{l_{\max}})$ ).

Итак, при минимальном и максимальном  $l$  получаем в некотором смысле противоположные управления, которые соответствуют минимуму и максимуму уровней иерархии, минимизируют и максимизируют затраты на реорганизацию, максимизируют и минимизируют затраты на функционирование. Если стоимость реорганизации  $\rho$  нулевая, то оптимально управление  $\Psi_{l_{\max}}$ , если функционал  $P$  нулевой, то оптимально управление  $\Psi_1$ . В общем случае оптимально некоторое промежуточное управление  $\Psi_l$ ,  $1 < l < l_{\max}$ , при котором структуры содержат  $l$  уровней иерархии. Таким образом, построен ряд простейших управлений.

#### IV Выводы

В работе введено понятие внешней среды ИТКС СН, которая в каждый момент определяет, какой набор групп должен быть организован. Под структурой понимается граф организации ИТКС СН заданного внешней средой набора групп. Управление структурой ИТКС определяется как произвольное отображение текущей структуры и известной информации об изменении внешней среды в структуру ИТКС на следующем шаге. Результат управления – суммарные затраты на функционирование (функционал стоимости) и на реорганизацию ИТКС СН – минимален при оптимальном управлении.

Результаты расчетов показывают, что построенная модель структурных изменений позволяет определить тенденции, наблюдаемые на практике. Это позволит использовать предложенный аппарат оптимизации иерархических структур при моделировании структуры реальных ИТКС СН.

Литература: 1. Чхартишвили А. Г. Теоретико-игровые модели информационного управления. – М.: ЗАО «ПМСОФТ», 2004. – 227 с. 2. Новиков Д. А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. – М.: Фонд "Проблемы управления", 1999. – 161 с. 3. Воронин А. А., Мишин С. П. Моделирование структуры организационной системы. Об алгоритмах поиска оптимального дерева // Вестн. Волг. ун-та. 2001. Сер. 1: Математика. Физика. С. 93-113. 4. Мишин С. П. Оптимальное управление структурой организационной системы // Сборник трудов международной научно-технич. конференции «Современные сложные системы управления». Липецк, 12-14 марта 2002. С. 101-102. 5. Воронин А. А., Мишин С. П. Алгоритмы поиска оптимальной структуры организационной системы // Автоматика и телемеханика. 2002. № 5. С. 120-132. 6. Губко М. В., Мишин С. П. Оптимальная структура системы управления технологическими связями / Сборник трудов международной научно-технической конференции «Современные сложные системы управления». Старый Оскол, 27-29 ноября 2002. С. 50-55. 7. Губко М. В. Структура оптимальной организации континуума исполнителей // Автоматика и телемеханика. 2002. № 12. 8. Мишин С. П. Модели и методы оптимизации иерархических организационных структур // Диссертация на соискание степени к. ф. м. н., Волгоградский государственный университет, 2003. 9. Кувшинов О. В., Ливенцев С. П., Боголій С. М., Павлов В. П. Особливості побудови мереж абонентського доступу // Збірник наукових праць КВІУЗ. – 2001. – Вип. 5. – С. 96-103. 10. Кузьмин В. Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких бинарных отношений. М.: Наука, 1982. 11. Управление большими системами / Сборник трудов молодых ученых. Выпуск 3. Общя редакция – Д. А. Новиков. М.: ИПУ РАН, 2003. – 112 с. Мишин С. П. Динамическая задача синтеза оптимальной иерархической структуры. – С.55 – 76. 12. Григорьев В. А., Лагутенко О. И., Распаев Ю. А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Око-Трендз, 2005. – 384 с. 13. Громаков Ю. А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: МЦНТИ, 1996. – 304 с.

УДК 621.391.883

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ШУМА

Владимир Луценко, Николай Медведь, Валерий Худяков\*

Национальный Технический Университет Украины «КПИ»

\* НИИ Электромеханических приборов

Анотація: Розглядаються питання побудови систем активного захисту інформації в технічних засобах обробки та передачі інформації, включаючи інформацію з обмеженим доступом. Визначені та проаналізовані методи захисту від витіку інформації через побічні електромагнітні випромінювання та наведення. Відмічено, що обов'язковою умовою ефективної роботи системи активного захисту є наявність в її складі пристроїв контролю та блокування, а також визначені її функції. Сформульовані вимоги до генераторів шуму, які визначають якість захисту інформації. Надаються рекомендації з вирішення проблем, що стоять перед розробниками технічних засобів захисту інформації.

*Summary:* Examining questions of construction of systems of active protection of the information in means of processing and transfer, including the information with the limited access are considered(examined). Methods of protection against information leakage through collateral electromagnetic radiations and laying are determined and analysed. It is marked, that an obligatory condition of effective work of system of active protection is presence in its(her) structure of the device of the control and blocking, and also its(her) functions are determined. Requirements to generators of noise which define(determine) quality of protection of the information are formulated. Recommendations for the decision of the problems worth, now, before developers of means of protection of the information are given.

*Ключові слова:* Технические средства обработки и передачи информации, системы и методы активной защиты информации, побочные электромагнитные излучения и наводки, сверхширокополосные генераторы шума.

В настоящее время наибольшую опасность в плане перехвата информации от технических средств (ТС)