

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНИВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

УДК 519.816

## КОВАЛЕНКО Игорь Иванович

д.т.н., профессор кафедры программного обеспечения автоматизированных систем  
Национального университета кораблестроения им. Макарова, г. Николаев,

**Научные интересы:** методы анализа данных, прикладной системный анализ,  
теория оптимальных решений, системы поддержки принятия решений.

**e-mail:** igor.kovalenko@nuos.edu.ua

## ПУГАЧЕНКО Екатерина Сергеевна

аспирантка, старший лаборант кафедры программного обеспечения автоматизированных систем  
Национального университета кораблестроения им. Макарова, г. Николаев

**Научные интересы:** управление проектами, моделирование организационных структур

**E-mail:** pugachenko.katya@yandex.ua

## АНТИПОВА Екатерина Александровна

магистр кафедры программного обеспечения автоматизированных систем  
Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова, г. Николаев, Украина

**Научные интересы:** прикладной системный анализ, информационные технологии

### ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Одним из основных условий функционирования предприятий в условиях рыночной экономики является соответствие организационной структуры управления целям и задачам, стоящими перед ними. Современные крупные региональные предприятия характеризуются большим числом работников, многоуровневой структурой управления, разнообразием входящих в них подразделений (отделов, управлений и др.), неравномерностью распределения управленческих нагрузок и др. Все это привело к созданию сложных линейно-функциональных организационных структур управления такими предприятиями.

Для анализа таких структур с целью получения оценки их функционального состояния целесообразно использовать системный подход, который позволяет учитывать многие факторы и критерии: экономические, технологические, финансовые нормативно-правовые и др.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ публикаций последних лет [1,2,3,4], посвященных данной проблеме, позволяет указать на два направления ее решения. Так, например, монографии [1,3] посвящены оптимальным иерархическим структурам, где в роли критерия оптимизации выступают затраты на содержание организационной структуры управления. В работах [5,6] рассматривается другой подход, позволяющий определять качество организационной структуры на основе оценивания ее топологических свойств (компактность, устойчивость и др.) с применением теории графов.

Вместе с этим, для более полной оценки эффективности функционирования действующих организационных структур управления предприятиями, представляет интерес комплексное использование отмеченных подходов посредством реализации информационной технологии.

**Целью работы** является рассмотрение информационной технологии оценивания линейно-функциональных организационных структур (ЛФОС) предприятий для оценивания их состояний на основе критериев по затратам на содержание и качества таких структур.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Рассмотрим заявленные критерии более подробно. Задача поиска оптимальной иерархии  $H_{opt}$  на некотором множестве иерархий  $\Omega(H_i)$ ,  $i = 1, \dots, N$  при условии, что в качестве критерия оптимальности рассматриваются затраты на содержание иерархии  $C \in [0; \infty]$ , представляется в общем виде:

$$H_{opt} \in \text{Arg min } C(H_i), H_i \in \Omega(H_N) \quad (1)$$

Из (1) очевидно, что даже в самых простых случаях поиск  $H_{opt}$  на множестве возможных иерархий с помощью широко известного метода перебора всех вариантов требует больших вычислительных затрат. Вместе с тем анализ современных результатов исследований [1,3] показывает, что на множестве допустимых иерархий  $\Omega(H_N)$  существует оптимальная иерархия  $H_{opt}$  (в смысле критерия затрат на ее содержание), обладающая следующими свойствами:

1. Отсутствие дублирования, при котором два менеджера  $m_1$  и  $m_2$  управляют одной и той же группой исполнителей  $V_j$ ,  $j = 1, \dots, n$ :

$$\{(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \cap \{(V_1^{(2)}, V_2^{(2)}, \dots, V_n^{(2)}) \in m_2\} = \emptyset \quad (2)$$

2. Если менеджер  $m_1$  непосредственно подчиняется менеджеру  $m_2$  ( $m_1 \in m_2$ ), тогда последний не управляет подчиненными первого:

$$(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \notin m_2 \quad (3)$$

3. Наличие только одного менеджера (топ-менеджера)  $m_0$ , который не имеет начальников и которому подчинены все остальные менеджеры и исполнители организации:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1, (V_1^{(2)}, \dots, V_r^{(2)}) \in m_2, \dots, (V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\} \in m_0 \quad (4)$$

4. Норма управляемости  $r$  (число подчиненных у менеджера) в рамках одной организации постоянна ( $r =$

$const$ ), т. е. каждый ее менеджер имеет примерно одинаковое количество подчиненных:

$$(r_{m_1} \approx r_{m_2} \approx \dots \approx r_{m_k}) \quad (5)$$

5. Наличие симметричности в организационной иерархии, когда топ-менеджер ( $m_0$ ) делит группу исполнителей между менеджерами на примерно равные части или пропорции:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \approx \{(V_1^{(2)}, \dots, \dots, V_r^{(2)}) \in m_2\} \approx \dots \approx \{(V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\} \quad (6)$$

6. Количество менеджеров в оптимальной иерархии с нормой управляемости  $r$  на множестве из  $n$  исполнителей равно:

$$M = (n - 1) / (r - 1) \quad (7)$$

Приведенные свойства позволяют анализировать организационные иерархические структуры на оптимальность по критерию затрат на их содержание.

Теперь рассмотрим группы показателей топологических свойств линейно-функциональных структур, определяющих их оптимальность по критерию качества:

- управляемость организационной структуры может быть оценена двумя показателями – информационной нагрузкой элементов структуры, неоднородностью информационной нагрузки;
- компактность организационной структуры (диаметр графа, радиус графа, высота дерева, сбалансированность дерева);
- устойчивость организационной структуры (число внешней устойчивости, число внутренней устойчивости).

Дадим толкование перечисленных свойств с позиции теории графов.

**Управляемость ОС.** Информационная нагрузка интерпретируется величиной степени соответствующей вершины  $V_i$  графа  $G = (V, E)$ , которая определяется числом ребер, инцидентных  $V_i$  и обозначается  $\text{deg } V_i$ . Минимальная степень вершин графа  $G$  обозначается через  $\min \text{deg } G$  и определяется выражением:

$$\min \text{deg } G = \min \{\text{deg } V_1, \text{deg } V_2, \dots, \text{deg } V_n\}$$

Максимальная степень вершин  $G$  обозначается  $\max \text{deg } G$  и записывается выражением:

$$\max \text{deg } G = \max \{\text{deg } V_1, \text{deg } V_2, \dots, \text{deg } V_n\}$$

В случае, когда  $\min \deg G = \max \deg G$ , т.е. все вершины  $G$  имеют одинаковую степень, такой граф называется однородным. Системно обоснованной и оптимальной характеристикой числа управленческих связей на высших уровнях ОС является степень вершины равная семи, т.е.  $\deg V_i \leq 7$  [5]. Тогда показатель информационной нагрузки, может быть оценен как  $\lambda = \lambda_{V_i} = \frac{\deg V_i}{7}$ , а величина неравномерности (неоднородности) нагрузки характеризуется следующим выражением  $\bar{\lambda} = \frac{\max \deg G}{\min \deg G}$ .

**Компактность ОС.** Диаметр графа  $D(G)$  определяется длиной длиннейшей геодезической, которая в свою очередь определяет длину кратчайшей цепи между произвольными вершинами  $d(V_i, V_j)$ , т.е.

$$D(G) = \max \min \{d(V_i, V_j)\}, (V_i, V_j) \in V, V \subset G$$

Радиус графа  $R(G)$  характеризует наименьшее из максимальных значений расстояний от некоторой фиксированной вершины  $V_0$  до всех остальных вершин, т.е.

$$R(G) = \min \max \{d_1(V_0, V_1), d_2(V_0, V_1), \dots, d_m(V_0, V_{n1})\}$$

Эффективность (оптимальность) ОС в плане ее компактности (целостности) обеспечивается следующими условиями:

$$D(G) \Rightarrow \min; D(G) - R(G) \Rightarrow \min$$

Высотой графа-дерева  $H(G)$  называется длина наибольшего маршрута, проходящего из корневой вершины  $V_0$  через промежуточные вершины до какой-либо конечной вершины  $V_n$ .  $H(G)$  в свою очередь характеризуется числом уровней  $k$ . Говорят, что вершина  $V_i$ , удаленная на расстояние  $k$  от корневой вершины  $V_0$ , расположена на уровне  $k$  (или является вершиной уровня  $k$ ). Сам корень имеет уровень 0. Узлы одного уровня образуют ярус дерева. Другими словами, величина  $k$  определяет число уровней иерархии ОС, оптимальное значение которой  $k \leq 5$ .

Дерево называется сбалансированным (или симметричным) узла высота левого и правого поддеревьев отличается не более чем на 1.

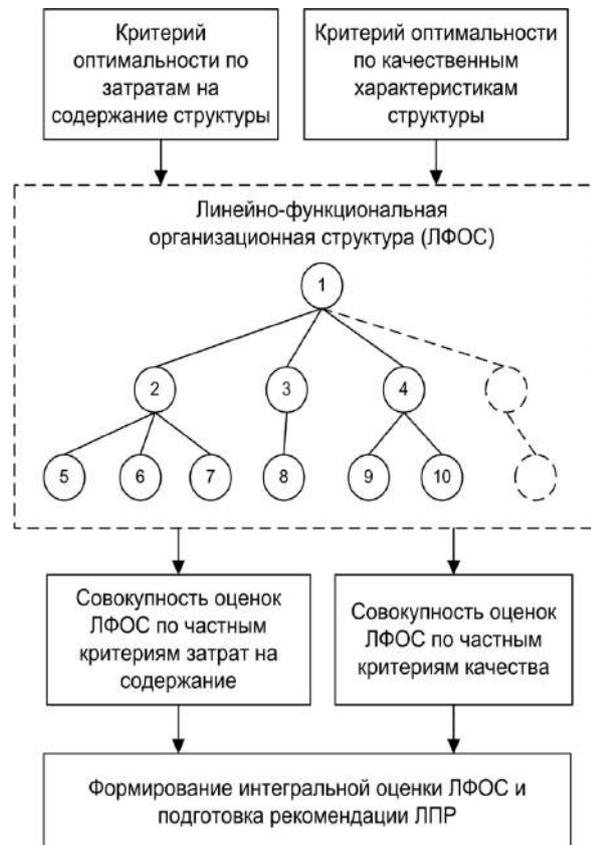


Рисунок 1 – Структура информационной технологии оценивания ЛФОС

**Устойчивость ОС.** Множество вершин графа  $G(V, E)$  называется внутренне устойчивым (независимым), если никакие две вершины из этого множества несмежны. Число вершин в наибольшем независимом множестве графа  $G$  называется числом внутренней устойчивости и обозначается через  $\alpha_0(G)$ :

$$\alpha_0(G) = \max\{|S_i| \}, S_i = V,$$

где  $S_i$  - всевозможные внутренние устойчивые подмножества, а  $|S_i|$  - количество элементов в  $S_i$ .

Число  $\alpha_0(G)$  определяет множество независимости участников управленческой деятельности, чем больше данное число, тем больше степеней свободы имеет организационная структура.

Подмножество вершин  $S$  графа  $G(V, E)$  называется внешне устойчивым (доминирующим), если каждая вершина из  $V$  смежна с некоторой вершиной из  $S$ , другими словами, каждая вершина графа  $G$  находится на расстоянии не более 1 от доминирующего множества.

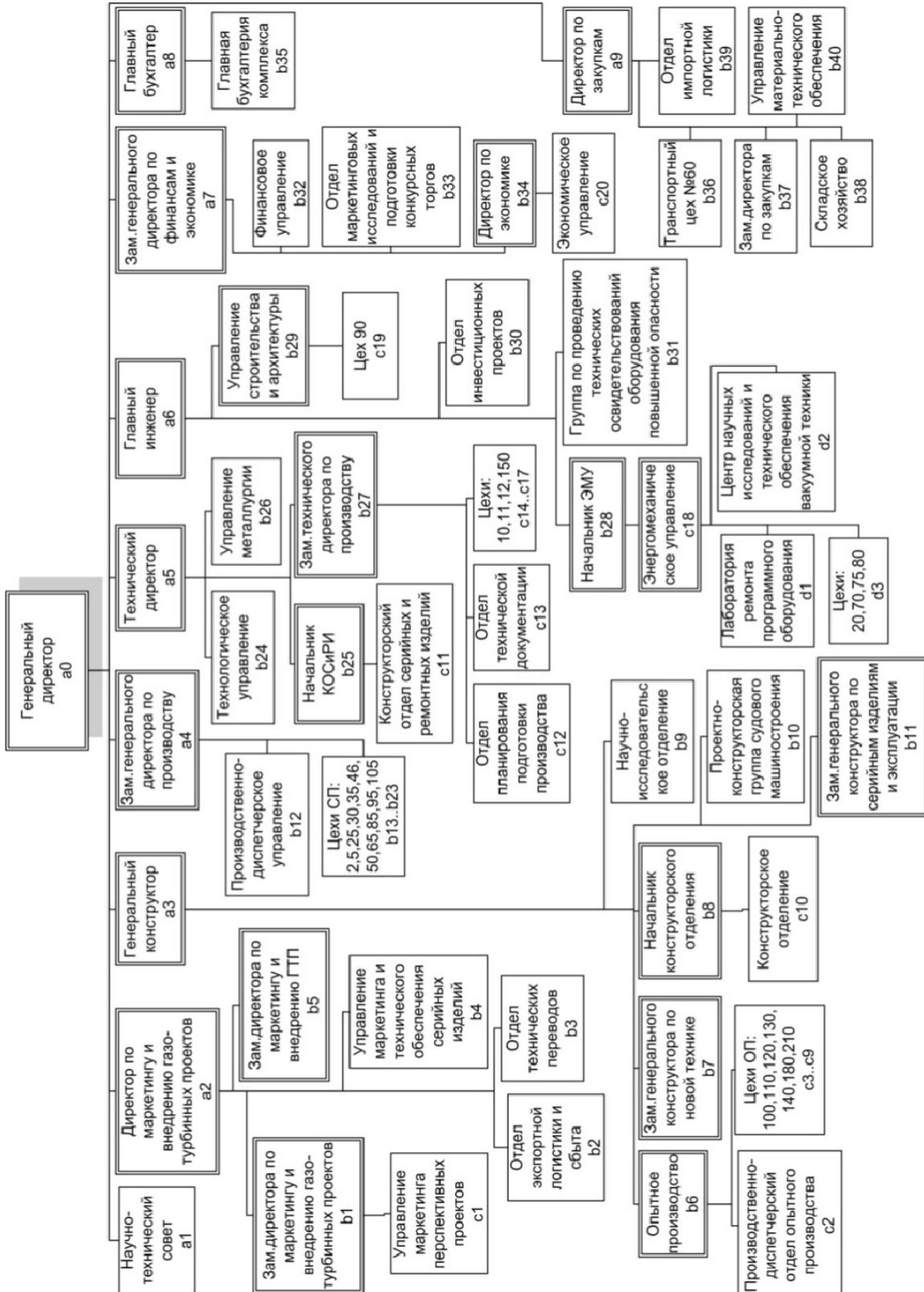
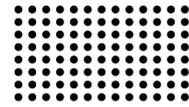
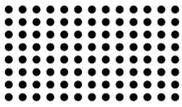


Рисунок 2 – Пример организационной структуры машиностроительного завода



Таким образом, множество вершин  $S$  внешне устойчиво, если любая вершина  $V_i$ , не входящая в  $S$ , служит началом хотя бы одной дуги, конец которой находится в  $S$ . Наименьшее из количеств вершин в подмножествах  $S_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$  называется числом внешней устойчивости  $\beta_0(G)$  или числом доминирования.

Принадлежность к доминирующему множеству характеризует количество элементов структуры, где могут приниматься решения и их вес по отношению к общему числу структурных элементов.

Все, сказанное выше, представлено в виде структуры информационной технологии (рис.1).

Приведем пример использования описанных критериев для анализа организационной структуры одного из машиностроительных заводов, представленной на рис. 2. Граф такой структуры представляет собой пяти уровневую ( $k=5$ ) иерархию, состоящую из  $n=73$  вершин и  $m=72$  ребер (рис.3).

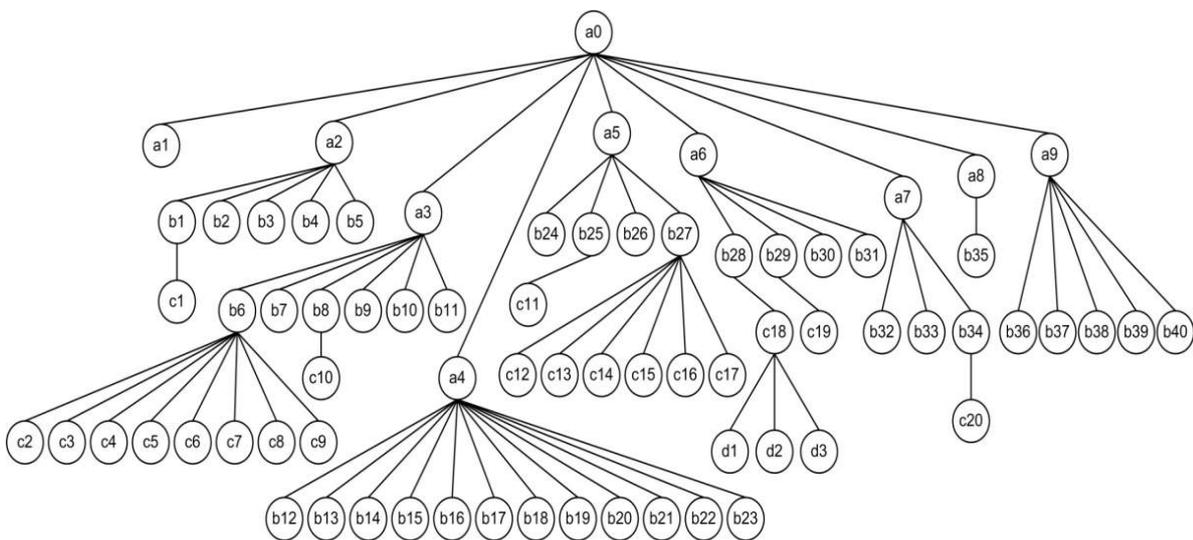


Рисунок 3 – Граф-дерево организационной структуры машиностроительного завода

Рассчитаем значения информационной нагрузки элементов второго уровня иерархии, реализующих управленческие решения:

$$\begin{aligned} \deg\{a_0\} &= 8; \quad \deg\{a_1\} = 1; \quad \deg\{a_2\} = 6; \quad \deg\{a_3\} = 7; \quad \deg\{a_4\} = 13; \\ \deg\{a_5\} &= 5; \quad \deg\{a_6\} = 5; \quad \deg\{a_7\} = 4; \quad \deg\{a_8\} = 2; \quad \deg\{a_9\} = 6. \\ \lambda_{a_0} &= 1,14; \quad \lambda_{a_4} = 1,86. \end{aligned}$$

Таким образом, генеральный директор имеет информационную перегрузку в 14%, его заместитель по производству — 86%.

Отсюда

$$\max \deg\{G\} = 13; \quad \min \deg\{G\} = 1; \quad \lambda = 13/1 = 13.$$

Для приведения графа к однородному виду следует более равномерно распределить информационную нагрузку между руководителями.

Проведем анализ организационной структуры с использованием критериев компактности.

Для рассматриваемого графа диаметр  $D(G) = 7$  и определяется цепью  $c_1 \rightarrow b_1 \rightarrow a_2 \rightarrow a_0 \rightarrow a_6 \rightarrow b_{28} \rightarrow c_{18} \rightarrow d_1$ .

Радиус графа  $R(G)$  характеризует наименьшее из максимальных значений расстояний для фиксирования вершин  $a_0$  до всех вершин графа. Радиус  $R(G) = 4$  и определяется цепью  $a_0 \rightarrow a_6 \rightarrow b_{28} \rightarrow c_{18} \rightarrow d_1$ . Компактность ОС будет тем оптимальней, чем меньше диаметр

графа  $D(G)$  и разность между диаметром и радиусом  $R(G)$  графа  $(D(G) - R(G))$ .

Для анализа устойчивости структуры подсчитаем числа внутренней и внешней устойчивости графа  $(\alpha_0(G), \beta_0(G))$ .

Наибольшим независимым множеством вершин в рассматриваемом графе является следующее —  $\{a_1, b_2 \dots b_5, b_7, b_9 \dots b_{24}, b_{26}, b_{28}, b_{30} \dots b_{33}, b_{35} \dots b_{40}, c_1 \dots c_{17}, c_{19}, c_{20}, d_1 \dots d_3\}$ . В соответствии с этим  $\alpha_0(G) = 56$ , что в процентном отношении составляет 76,7% от общего числа вершин. Это можно трактовать как то, что организационная структура обладает достаточно высокой степенью независимости.

Наименьшим внешне устойчивым множеством вершин графа является  $\{a_0, a_2 \dots a_9, b_1, b_6, b_8, b_{25}, b_{27}, b_{29}, b_{34}, c_{18}\}$ . Соответственно  $\beta_0 = 17$ , что составляет 23,3% от общего числа вершин ОС. Данный показатель характеризует достаточно большое число ключевых лиц, принимающих решения в рассматриваемой ОС.

Проведем анализ организационной структуры завода с точки зрения оптимальности:

1. В данной структуре отсутствует дублирование, при котором два менеджера управляют одной и той же группой исполнителей;

2. Если один менеджер непосредственно подчиняется второму менеджеру, тогда последний не управляет подчиненными первого;

3. В данной структуре есть только один менеджер  $a_0$ , который не имеет начальников и которому под-

чинены все остальные менеджеры и исполнители организации;

4. Норма управляемости  $r$  не является постоянной:  $0 \leq r_{m_i} \leq 12$ ;

5. Организационная иерархия не является симметричной:

$$\begin{aligned} \{\emptyset\} \in a_1; & \quad \{b_1 \dots b_5\} \in a_2; & \quad \{b_6 \dots b_{11}\} \in a_3; \\ \{b_{12} \dots b_{23}\} \in a_4; & \quad \{b_{24} \dots b_{27}\} \in a_5; & \quad \{b_{26} \dots b_{31}\} \in a_6; \\ \{b_{32} \dots b_{34}\} \in a_7; & \quad \{b_{35}\} \in a_8; & \quad \{b_{36} \dots b_{40}\} \in a_9. \end{aligned}$$

6. Количество менеджеров в оптимальной иерархии с нормой управляемости  $r = 7$  на множестве из  $n = 73$  исполнителей равно  $M = (n - 1) / (r - 1) = 72 / 6 = 12$ , а в данной структуре 18 менеджеров.

Таким образом, данная организационная структура является не вполне оптимальной, что может служить основанием для ее перестройки.

## ВЫВОДЫ

Рассмотренная информационная технология анализа ЛФОС позволяет реализовать системный подход, в основе которого лежит учет ряда свойств организационных структур. Данные свойства позволяют определить допустимую по оптимальности иерархию, которая может быть принята в качестве управляющей организационной структуры.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Burkov, V. N. Vvedenie v teoriyu upravlenija organizacionnymi sistemami [Tekst] / V. N. Burkov, N. A. Korgin, D. A. Novikov. — М.: «LIBROKOM», 2009. — 264 с.
2. Voronin, A. M. Optimal'nye ierarhicheskie struktury [Tekst] / A. M. Voronin, S. P. Mishin. — М.: IPU RAN, 2003. — 214 с.
3. Gubko, M. V. Matematicheskie modeli optimizacii ierarhicheskikh struktur [Tekst]. — М.: LENAND, 2006. — 264 с.
4. Novikov, D. A. Teorija upravlenija organizacionnymi sistemami [Tekst]. — М.: Fizmatlit, 2007. — 523 с.
5. Diligenskij, N. V. Sistemnyj analiz i sovershenstvovanie organizacionnyh struktur upravlenija dejatel'nost'ju generirujushhego predpriyatija [Tekst] / N. V. Diligenskij, A. G. Salov // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2012, t. 14, №4(5), s. 1445-1450.
6. Diligenskij, N. V. Sistemnyj podhod v sovershenstvovanii organizacionnoj struktury gazoraspredelitel'noj organizacii [Tekst] / N. V. Diligenskij, V. I. Nemchenko, M. V. Posashkov // Vestnik Samarskogo gosud. tehn. un-ta. Serija «Tehnich. nauki», 2013. - №3(39). — с.32-42.