

DOI 10.15589/jnn20150313
УДК 005.8:519.14
K56

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TOPOLOGICAL PROPERTIES
OF SOME TYPICAL LINE-FUNCTIONAL ORGANIZATION STRUCTURES

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ
ТИПОВЫХ ЛИНЕЙНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Ihor I. Kovalenko
igor.kovalenko@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2655-6667

Kateryna S. Puhachenko
pugachenko.katya@yandex.ua
ORCID: 0000-0003-0310-5724

Kateryna O. Antipova
rinaredka@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9012-5290

И. И. Коваленко
д-р техн. наук, проф.

Е. С. Пугаченко
асп.

Е. А. Антипова
магистр

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Abstract. In the process of restructuring and formation of organizational structures of modern enterprises, capable of self-management and self-development, there is the problem of obtaining a comprehensive estimation of their efficiency. Organizational structures of such enterprises are line-functional. On the one hand, they have a strict hierarchy, on the other hand, they differ significantly in the number of their constituent units (divisions, departments, etc.). This indicates a sharp uneven distribution of management information load in the existing structural enterprises. The aim of the research is the comparative analysis of the topological properties of some typical line-functional organizational structures, using a number of criteria that characterize and assess the topological properties of tree graphs for the estimation of their efficiency. The analysis of the most typical examples of organizational structures of production and trading companies is made. They are: the organizational structure of industrial enterprise which develops and produces custom-technical products in small batches; the organizational structure of industrial enterprise which produces various types of limited-edition products on a single technological base; the organizational structure of the IT-company which deals with system integration (production and wholesale of office equipment and software, design and installation of local area networks, etc.). The results of the analysis are the identification of the inefficiency of the considered organizational structures by the specified criteria and suggestion of variants of their restructuring. The practical value of this research lies in the ability to use the considered technique of analysis of line-functional organizational structures to identify their problematic aspects and find ways to solve them.

Keywords: line-functional organizational structure; topological properties; graph theory.

Аннотация. В процессе реструктуризации и формирования современных организационных структур, способных к самоуправлению и саморазвитию, возникает задача получения комплексной оценки их эффективности. Проводится сравнительный анализ топологических свойств некоторых типовых линейно-функциональных организационных структур с использованием ряда критериев, характеризующих и оценивающих топологические свойства древовидных графов. По итогам проведенного анализа предложены варианты преобразований организационных структур для их оптимизации.

Ключевые слова: линейно-функциональные организационные структуры; топологические свойства; теория графов.

Анотація. У процесі реструктуризації й формування сучасних організаційних структур, здатних до самоуправління та саморозвитку, виникає завдання отримати комплексну оцінку їх ефективності. Проводиться порівняльний аналіз топологічних властивостей деяких типових лінійно-функціональних організаційних структур з використанням ряду критеріїв, що характеризують й оцінюють топологічні властивості деревоподібних графів. За підсумками проведеного аналізу запропоновано варіанти перетворень організаційних структур для їх оптимізації.

Ключові слова: лінійно-функціональні організаційні структури; топологічні властивості; теорія графів.

REFERENCES

- [1] Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. *Vvedenie v teoriyu upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Introduction to Theory of Organizational Systems Management]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2009. 264 p.
- [2] Voronin A.M., Mishin S.P. *Optimalnye ierarkhicheskie struktury* [Optimal hierarchical structures]. Moscow, IPU RAN Publ., 2003. 214 p.
- [3] Gubko M.V. *Matematicheskie modeli optimizatsii ierarkhicheskikh struktur* [Mathematical models for hierarchical structures optimization]. Moscow, LENAND Publ., 2006. 264 p.
- [4] Diligenskiy N.V., Salov A.G. Sistemniy analiz i sovershenstvovanie organizatsionnykh struktur upravleniya deyatel'nostyu generiruyushchego predpriyatiya [System analysis and improvement of the organizational structures of management of the generating company activity]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2012, vol. 14, no. 4, issue 5, pp. 1445–1450.
- [5] Diligenskiy N.V., Nemchenko V.I., Posashkov M.V. Sistemniy podkhod v sovershenstvovanii organizatsionnoy strukturi gazoraspredelitel'noy organizatsii [Systematic approach to the improvement of the organizational structure of the gas distribution company]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya "Tekhnicheskie nauki"* [Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series], 2013, no. 3, issue 39, pp. 32–42.
- [6] Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of Organizational Systems Management]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2007. 523 p.
- [7] Novikov D.A. *Diskretnaya matematika dlya programmistov* [Discrete mathematics for programmers]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2002. 304 p.
- [8] Dorado Konsalting. Primery organizatsionnykh struktur upravleniya [Examples of organizational management structures], 2014. Available at: <http://www.dorado-c.ru> (Accessed 30 January 2015).

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для многих крупных предприятий, функционирующих в условиях рыночной экономики, имеющих многоуровневую структуру управления и значительное количество работников, стоят задачи реструктуризации и формирования современных организационных структур, способных к самоуправлению и саморазвитию [4].

Анализ ряда публикаций, и в частности [3–5], показывает, что организационные структуры (ОС) таких предприятий являются линейно-функциональными, которые характеризуются, с одной стороны, строгой иерархичностью, с другой стороны, структуры существенно отличаются по числу входящих в них подразделений (отделов, управлений и др.), что свидетельствует о резкой неравномерности распределения управленческой информационной нагрузки в действующих структурах предприятий.

Организационная структура — краеугольный камень успешного функционирования и развития любой организации. Все, что связано с понятием «менеджмент организации», базируется на существующей в конкретном предприятии организационной структуре, даже если она сложилась стихийно и не формализована определенным образом.

Любой документ, описывающий организационную структуру предприятия, показывает схемы движения информации в организации (в т. ч. приказов и распоряжений, планов и отчетов и т. д.). При всем многообразии предприятий и сфер их деятельности, имеется весь

ма ограниченное количество базовых типов организационных структур, используемых на практике. Малый и средний бизнес, как правило, функционирует на основе линейных функциональных вариантов организационных структур. Крупный и транснациональный бизнес чаще использует дивизионные и продуктовые разновидности построения систем управления.

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

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Следует отметить, что в последние годы появился ряд публикаций, например [1–3, 6], в которых исследуются экономические (затраты на содержание организационной структуры, норма управляемости и др.) и организационные факторы (формирование и оптимизация состава) структур.

Вместе с этим вызывают интерес задачи, связанные с изучением топологических свойств организационных структур, представленных графами-деревьями. Такие задачи решаются в работах [4, 5] с применением теории графов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ — сравнительный анализ топологических свойств некоторых типовых линейно-функциональных организационных структур с использованием ряда критериев, характеризующих и оценивающих топологические свойства древовидных графов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Рассмотрим группы критериев, позволяющих проводить анализ топологических свойств линейно-функциональных организационных структур, изображенных в виде древовидных графов:

– управляемость организационной структуры, которая 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 $\deg V_i$. Минимальная степень вершин графа G записывается через $\min \deg G$ и находится выражением $\min \deg G = \min \{\deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n\}$. Максимальная степень вершин G — $\max \deg G$ — определяется как $\max \deg G = \max \{\deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n\}$. 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. $\deg V_i \leq 7$ [4]. Тогда показатель информационной нагрузки, может быть оценен как $\lambda_0 = \lambda_{V_i} / 7$, а величина неравномерности (неоднородности) нагрузки описывается следующим выражением — $\bar{\lambda} = \max \deg G / \min \deg G$.

Компактность ОС. Диаметр графа $D(G)$ обуславливается 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 $R(G)$ устанавливает наименьшее из максимальных значений расстояний от некоторой фиксированной вершины V_0 до всех остальных вершин, т. е. $R(G) = \min \max \{d_1(V_0, V_1), d_2(V_0, V_2), \dots, d_m(V_0, V_m)\}$. Эффективность (оптимальность) ОС в плане ее компактности (целостности) обеспечивается следующими условиями: $D(G) \Rightarrow \min; D(G) - R(G) \Rightarrow \min$.

Высота графа-дерева $H(G)$ — 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 . Утверждают, что вершина V_k , удаленная на расстояние k от корневой вершины V_0 ,

расположена на уровне k (или есть 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, если высота левого и правого под-деревьев отличается не более, чем на единицу.

Устойчивость ОС. Множество вершин графа $G = (V, E)$ является 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 $\alpha_0(G)$:

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

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 $G = (V, E)$ будет 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 единицы от доминирующего множества.

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.

Проанализируем наиболее типичные примеры организационных структур производственно-торговых компаний [8]:

– организационная структура управления производственного предприятия, занимающегося разработкой и выпуском позаказной продукции технического назначения малыми сериями (G_1). Структура представлена на рис. 1, а ее граф-дерево — на рис. 4;

– организационная структура управления производственного предприятия, выпускающего разнообразные виды малосерийной продукции на единой технологической базе (G_2). Структура изображена на рис. 2, а ее граф-дерево — на рис. 5;

– организационная структура ИТ-компании, занимающейся системной интеграцией (производство и оптовые продажи оргтехники и ПО, проектирование и монтаж локально-вычислительных сетей и т. п.) (G_3). Структура показана на рис. 3, а ее граф-дерево — на рис. 6.

Результаты анализа приведены в таблице 1.

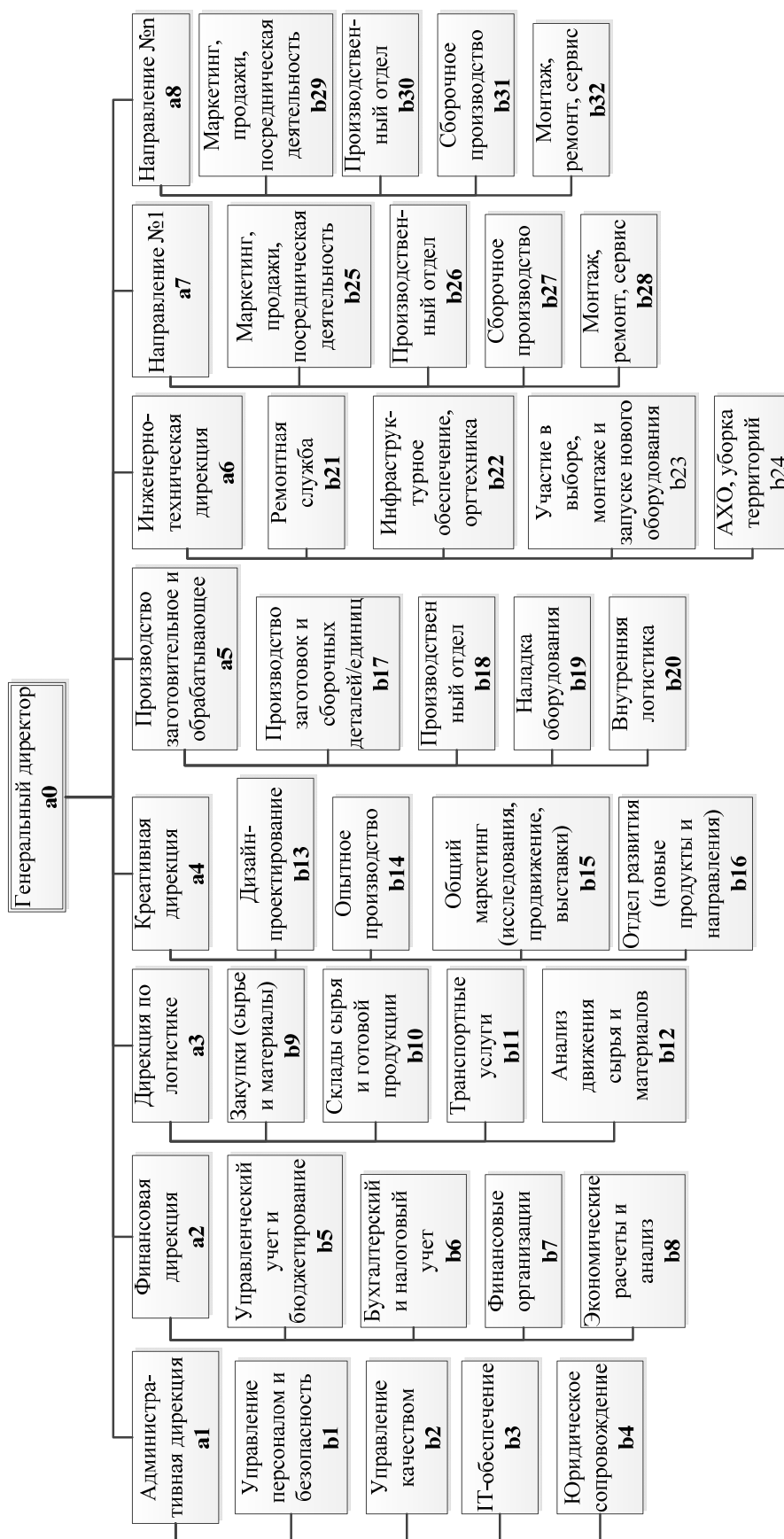
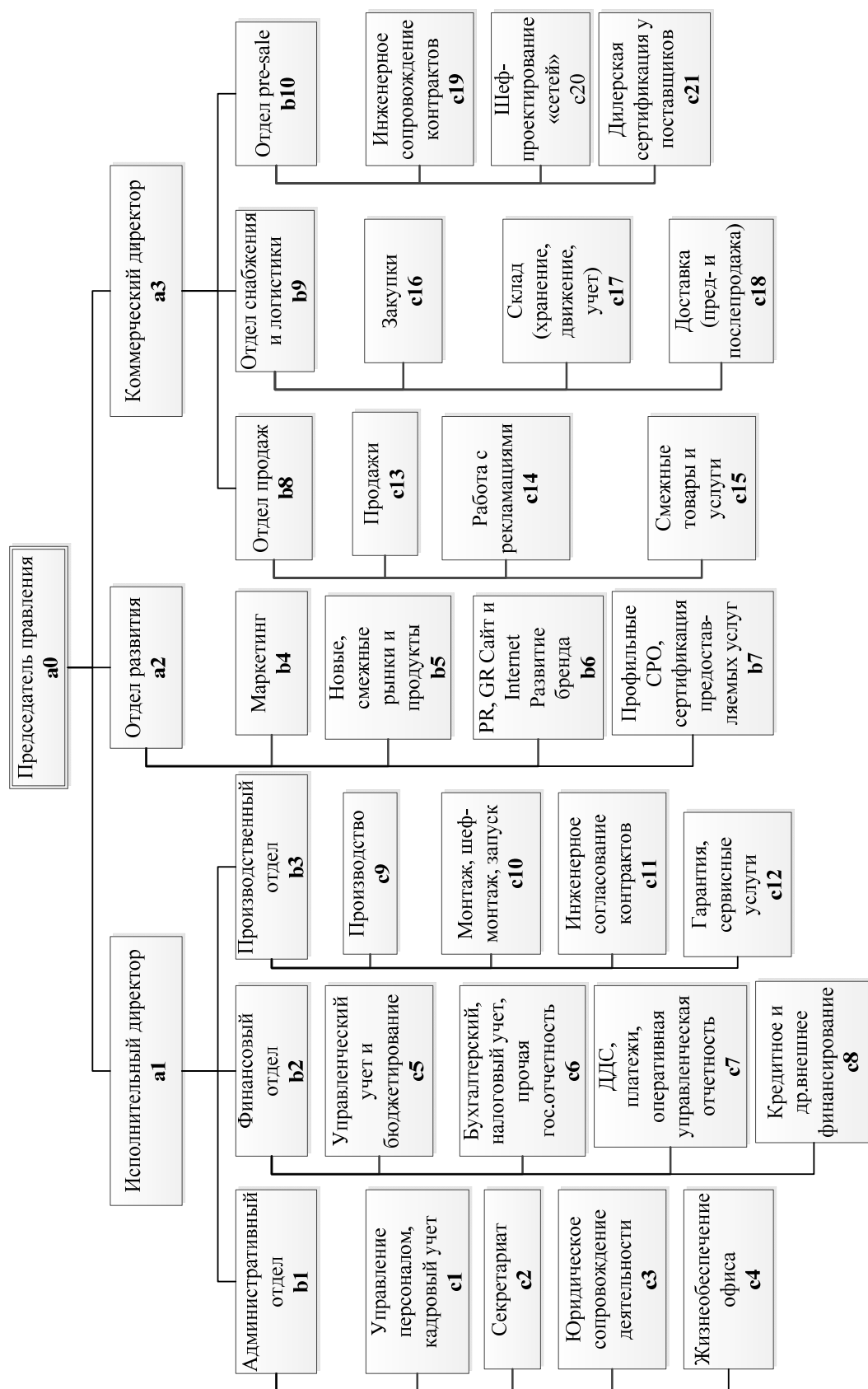


Рис. 2. Организационная структура управления G₂

Рис. 3. Организационная структура управления G_3

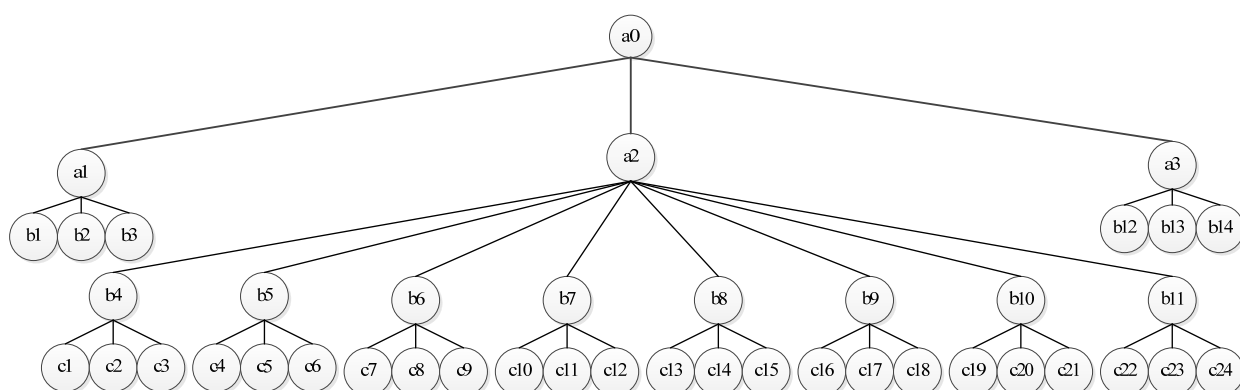


Рис. 4. Граф организационной структуры управления G_1

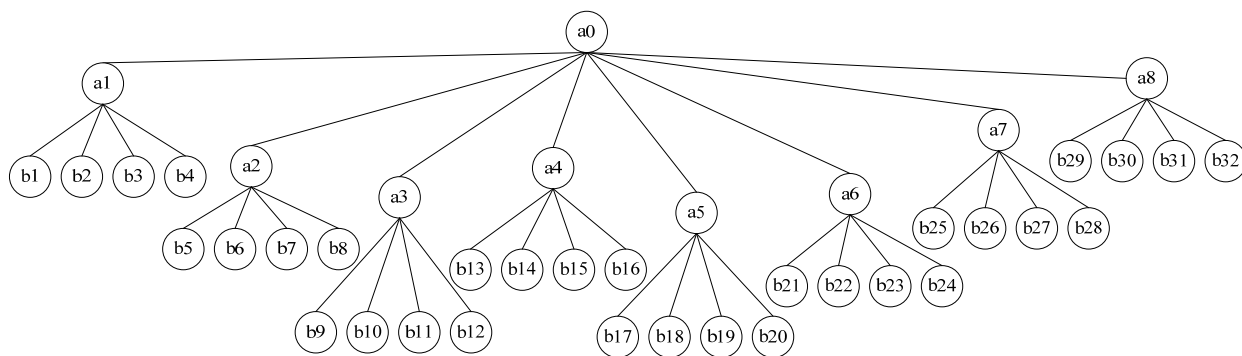


Рис. 5. Граф организационной структуры управления G_2

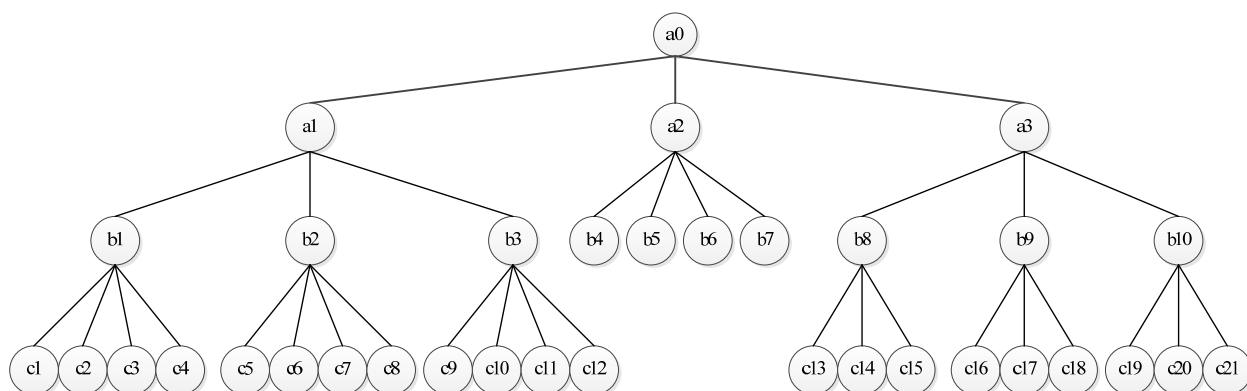


Рис. 6. Граф организационной структуры управления G_3

Таблица 1. Результаты сравнительного анализа типовых организационных структур

Критерии	Обозначение	Структуры		
		G_1	G_2	G_3
Информационная нагрузка первого руководителя	λ_0	0,43	1	0,43
Максимальная информационная нагрузка	$\max \deg G$	8	8	4
Минимальная информационная нагрузка	$\min \deg G$	3	4	3
Степень неравномерности информационной нагрузки	λ	2,667	2	1,33
Диаметр	$D(G)$	5 $c_1 \rightarrow b_4 \rightarrow a_2 \rightarrow a_0$ $\rightarrow a_3 \rightarrow b_{12}$	4 $b_1 \rightarrow a_1 \rightarrow a_0$ $\rightarrow a_8 \rightarrow b_{32}$	6 $c_1 \rightarrow b_1 \rightarrow a_1 \rightarrow a_0$ $\rightarrow a_3 \rightarrow b_{10} \rightarrow c_2$
Радиус	$R(G)$	3 $a_0 \rightarrow a_3 \rightarrow b_{12}$	2 $a_0 \rightarrow a_5 \rightarrow b_{20}$	3 $a_0 \rightarrow a_3 \rightarrow b_8 \rightarrow c_{13}$
Число вершин	n	42	41	35
Число ребер	N	41	40	34
Число уровней иерархии	k	4	3	4
Число внутренней устойчивости	α	32 (76 %)	33 (80 %)	28 (80 %)
Наибольшее независимое множество вершин		$\{a_0, a_2, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{14}, c_1 \dots c_{24}\}$	$\{a_0, b_1 \dots b_{32}\}$	$\{a_0, a_1, a_3, b_4 \dots b_7, c_1 \dots c_{21}\}$
Число внешней устойчивости	β	10 (24 %)	8 (20 %)	7 (20 %)
Наименьшее внешне устойчивое множество вершин		$\{a_1, a_3, b_4 \dots b_{11}\}$	$\{a_1 \dots a_8\}$	$\{a_2, b_1 \dots b_3, b_8 \dots b_{10}\}$

Проведенный расчет показывает, что информационная нагрузка руководителей высшего звена является оптимальной только для структуры G_3 . Информационная нагрузка менеджеров в двух других организационных структурах требует уменьшения: менеджер a_2 из структуры G_1 и менеджер a_0 из структуры G_2 имеют перегрузку в 14 % каждый.

Чем меньше диаметр графа $D(G)$ и разность между диаметром и радиусом $R(G)$ графа ($D(G) - R(G)$), тем компактней будет структура. Для рассматриваемых организационных структур величины $D(G)$ и ($D(G) - R(G)$) оптимальны.

Число внутренней устойчивости $\alpha_0(G)$ в процентном отношении составляет примерно 80% от общего числа вершин в рассмотренных организационных структурах. Это можно трактовать как то, что данные структуры обладают достаточно высокой степенью независимости.

Число внешней устойчивости $\beta_0(G)$ составляет около 20 % от общего числа вершин во всех трех организационных структурах. Данный показатель характеризует достаточно большое число ключевых лиц, принимающих решения в анализируемых структурах.

ВЫВОДЫ. Проведен сравнительный анализ топологических свойств некоторых типовых линейно-функциональных организационных структур, который подтвердил, что по критериям управляемости и компактности структуры G_1 и G_2 не являются эффективными.

Для оптимизации G_1 возможно применить один из следующих вариантов преобразований:

– отдел управления качеством (b_{10}) перевести в подчинение отделу развития (a_3);

– отдел снабжения и логистики (b_{11}) перевести в подчинение производственному комплексу (b_9);

– добавить в структуру нового менеджера, которому передать управление несколькими отделами, которые подчиняются исполнительному директору. Впрочем, такое действие увеличит число уровней иерархии структуры.

В структуре G_2 вершине a_0 подчиняются не только шесть фиксированных вершин, но и n вершин — направлений производства. Так как точное количество вершин (отделов), подчиненных генеральному директору, варьируется для каждого предприятия с подобной организационной структурой в зависимости от количества направлений производства, то рекомендуется добавить в структуру нового менеджера. Этому менеджеру — помощнику (заместителю) генерального директора — можно передать управление n направлениями производства. Однако если направлений окажется слишком много (> 7), то управляющая нагрузка помощника тоже будет завышена. Следовательно, чем больше направлений, тем больше необходимо помощников генеральному директору, у которого снова возникнет информационная перегрузка после добавления новых подчиненных.

Таким образом, рассмотренная методика анализа линейно-функциональных организационных структур позволяет выявлять проблемные аспекты и намечать пути их устранения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Бурков, В. Н.** Введение в теорию управления организационными системами [Текст] / В. Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков. — М. : «ЛИБРОКОМ», 2009. — 264 с.
- [2] **Воронин, А. М.** Оптимальные иерархические структуры [Текст] / А. М. Воронин, С. П. Мишин. — М. : ИПУ РАН, 2003. — 214 с.
- [3] **Губко, М. В.** Математические модели оптимизации иерархических структур [Текст] / М. В. Губко. — М. : ЛЕНАНД, 2006. — 264 с.
- [4] **Дилигенский, Н. В.** Системный анализ и совершенствование организационных структур управления деятельностью генерирующего предприятия [Текст] / Н. В. Дилигенский, А. Г. Салов // Известия Самарского научного центра РАН. — 2012. — Т. 14. — №4 (5). — С. 1445–1450.
- [5] **Дилигенский, Н. В.** Системный подход в совершенствовании организационной структуры газораспределительной организации [Текст] / Н. В. Дилигенский, В. И. Немченко, М. В. Посашков // Вестник Самарского госуд. техн. ун-та. Серия «Технич. науки». — 2013. — №3 (39). — С. 32–42.
- [6] **Новиков, Д. А.** Теория управления организационными системами [Текст] / Д. А. Новиков. — М. : Физматлит, 2007. — 523 с.
- [7] **Новиков, Д. А.** Дискретная математика для программистов [Текст] / Д. А. Новиков. — СПб. : Питер, 2002. — 304 с.
- [8] **Примеры организационных структур управления** [Электронный ресурс] // Дорадо Консалтинг–2014. — Режим доступа: <http://www.dorado-c.ru>. (дата обращения 30.01.2015).

© І. І. Коваленко, К. С. Пугаченко, К. О. Антіпова

Надійшла до редколегії 08.04.2015

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. *К. В. Кошкін*