

DOI 10.15589/jnn20150603

УДК 519.816:656.071.4

К56

**COMPREHENSIVE ANALYSIS
OF THE SEAPORT ORGANIZATIONAL STRUCTURE
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ
ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ МОРСКОГО ПОРТА**

Ihor I. Kovalenko

igor.kovalenko@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2655-6667

Kateryna A. Antipova

rinaredka@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9012-5290

Kateryna S. Pugachenko

pugachenko.katya@yandex.ua

ORCID: 0000-0003-0310-5724

И. И. Коваленко

д-р техн. наук, проф.

Е. А. Антипова

магистр

Е. С. Пугаченко

асп.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Abstract. Most models of discrete optimization come down to finding the optimum hierarchies. The optimality criteria usually are the costs of maintaining control system. An analysis of the topological properties of the organizational structure's graph makes it possible to decide how to rebuild the organizational structure, in order to make it more optimal due to the cost of its maintenance. In order to increase the efficiency of a seaport functioning, the current organizational structure of the sea port has been analysed. The type of organizational structure was defined and groups of criteria characterizing its balance, integrity, manageability and reliability were formed. The graph theory and the theory of graph dynamical systems were used to get the numerical values of criteria. The graph dynamical operation of local reassignment was used to optimize the structure. The reformed structure is more optimal according to the topology quality criteria and the criteria for the maintenance costs. The technology described in this paper can be used to perform a comprehensive analysis of the large high-tech enterprises, such as engineering, shipbuilding, machine factory, etc.

Key words: linear-functional organizational structures; effectiveness criteria; quality criteria; models of information flows; informational communication; graph dynamical system theory.

Аннотация. Проанализирована эффективность функционирования действующей организационной структуры морского порта. Определен тип организационной структуры и сформированы группы критериев, характеризующих ее сбалансированность, целостность, управляемость и надежность. Для получения численных значений сформированных критериев использовались методологии теории графов и теории графодинамических систем.

Ключевые слова: линейно-функциональные организационные структуры; критерии эффективности; критерии качества; информационные связи; теория графодинамических систем.

Анотація. Проаналізовано ефективність функціонування діючої організаційної структури морського порту. Визначено тип організаційної структури та сформовано групи критеріїв, що характеризують її збалансованість, цілісність, керованість і надійність. Для отримання чисельних значень сформованих критеріїв були використовані методології теорії графів та теорії графодинамічних систем.

Ключові слова: лінійно-функціональні організаційні структури; критерії ефективності; критерії якості; інформаційні зв'язки; теорія графодинамічних систем.

REFERENCES

- [1] Ayzerman M. A., Gusev L. A., Petrov S. V., Smirnova I. M. *Dinamicheskiiy podkhod k analizu struktur, opisyvaemykh grafami* [A dynamic approach to the analysis of structures described by graphs]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and Remote Control]. N.p., 1977, issue 7, pp.135–151.
- [2] Gubko M. V. *Matematicheskie modeli optimizatsii ierarkhicheskikh struktur* [Mathematical models of hierarchical structures' optimization]. Moscow, LYeNAND, 2006. 264 p.

- [3] Diligenskiy N. V., Nemchenko V. I., Posashkov M. V. *Kompleksnaya otsenka effektivnosti organizatsionnoy struktury gazoraspredeletelnoy organizatsii* [Comprehensive effectiveness assessment of the organizational structure of gas distribution company]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. Samara, vol. 14, issue 4(5), 2012, pp.1445–1450.
- [4] Diligenskiy N. V., Tsapenko M. V. *Mnogokriterialnaya otsenka sravnitelnoy effektivnosti organizatsionnykh sistem upravleniya* [Multi-criteria evaluation of the relative efficiency of organizational control systems]. *Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh: Trudy VIII mezhd. konf.* [Proc. of the VIII International Conference «Problems of control and modeling in complex systems»]. Samara, 2006, pp. 66–72.
- [5] Diligenskiy N. V. *Strukturnyy sintez lokalno optimalnykh organizatsionnykh sistem upravleniya s obratnymi svyazyami* [Structural synthesis of locally optimal organizational control systems with feedback]. *Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh: Trudy VIII mezhd. konf.* [Proc. of the VIII International Conference «Problems of control and modeling in complex systems»]. Samara, 2006, pp. 57–65.
- [6] Kovalenko I. I., Prikhodko S. B., Shved A. V., Pugachenko Ye. S. *Grafodinamicheskoe imitatsionnoe modelirovanie organizatsionnykh ierarkhiy s ispolzovaniem kriteriev ikh optimalnosti* [Graph-dynamic simulation of organizational hierarchies using the criteria of optimality]. *Problemy informatsionnykh tekhnologiy* [The problems of information technologies]. Kherson, 2013, issue 2(014), pp. 40–44.
- [7] Kovalenko I. I., Pugachenko Ye. S. *Issledovanie grafodinamicheskoy operatsii perestroyki v proektakh optimizatsii ierarkhicheskikh organizatsionnykh struktur* [Research of graph-dynamic rebuild operation in hierarchical organizational structures optimization projects]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK* [Collection of scientific publications of NUS]. Nikolaev, 2014, issue 5, pp. 74–79.
- [8] Meskon M. Kh., Albert M., Khedouri F. *Osnovy menedzhmenta* [Management fundamentals]. Moscow, Delo Publ., 1992, 493 p.
- [9] Novikov D. A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of organizational systems control]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2007, 523 p.
- [10] Salov A. G. *Analiz effektivnosti funktsionirovaniya struktur upravleniya energeticheskimi predpriyatiyami* [Analysis of the management efficiency of energy enterprises structures] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Severo-Kavkazskiy region «Tekhnicheskie nauki»* [Proceedings of the higher educational institutions of the North Caucasus region. «Technical science»]. Novocheerkassk, 2008, issue 1(143), pp. 32–37.
- [11] Kharari F. *Teoriya grafov* [Graph theory]. Moscow, Mir Publ., 1973, 301 p.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

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 [2, 9], посвященных данной проблеме, позволяет указать на два

направления ее решения. Монографии [2, 9] посвящены оптимальным иерархическим структурам, где в роли критерия оптимизации выступают затраты на содержание организационной структуры управления. В работах [3, 4] 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.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Анализ и оптимизация существующей организационной структуры морского порта для повышения эффективности ее функционирования.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Проведем комплексный анализ существующей организационной структуры наукоемкого предприятия

на примере морского порта. Действующая структура управления представлена на рис. 1.

Анализ существующей организационной структуры показывает, что она является линейно-функциональной [8] с сочетанием директивного управления по вертикальным связям с руководством менеджерами высшего звена отдельными функциональными направлениями. В структуре каждого функционального направления, с одной стороны, просматривается строгая иерархичность, с другой стороны структуры существенно отличаются по числу входящих в них подразделений (отделов и управлений), что свидетельствует о резкой неравномерности распределения управленческой информационной нагрузки в действующей структуре предприятия.

Для оценки эффективности функционирования действующей организационной структуры управления предприятием будем использовать теорию графов [11], теорию графодинамических систем (ТГС) [1], концепцию, предложенную в [5], развитую в работах [3, 4, 6] и позволяющую определять показатели качества структуры, а также выявлять направления ее совершенствования. Представим действующую организационную структуру предприятия в виде графа G_1 приведенного на рис. 2. Нумерация вершин выполнена в соответствии с нумерацией, принятой в ТГС [1].

$G_1 = \{n_1^1, n_2^2, \dots, n_{14}^2, n_{15}^3, \dots, n_{36}^3, n_{37}^4, \dots, n_{52}^4, n_{53}^5, \dots, n_{55}^5\}$, где n_1^1 — начальник (первый уровень иерархии, топ-менеджер); n_2^2 — заместитель начальника по финансам и экономике, n_{14}^2 — капитан морского порта (второй уровень иерархии, менеджеры высшего звена); n_{15}^3 — главный бухгалтер, n_{36}^3 — дипломно-паспортный отдел (третий уровень иерархии); n_{37}^4 — централизованная бухгалтерия, n_{52}^4 — отдел стратегического планирования и привлечения инвестиций (четвертый уровень иерархии); n_{53}^5 — комплекс социально-бытового обслуживания; n_{55}^5 — комплекс автотранспортного обеспечения (пятый уровень иерархии).

Ребра графа (n_1^1, n_2^2) , (n_1^1, n_{14}^2) и т. д. отвечают управленческим связям организационной структуры: (n_1^1, n_2^2) — от начальника к первому заместителю начальника, (n_1^1, n_{14}^2) — от начальника к капитану морского порта и т.д.

Граф G_1 представляет собой пяти уровневую иерархическую структуру, состоящую из $n = 55$ элементов (вершин) и $N = 54$ ребер. Он является неоднородным, древесным, без циклов [9].

В соответствии с базовыми положениями теории графов для анализа графа G_1 выделим следующие группы критериев:

- сбалансированность структуры;
- целостность структуры;

- управляемость структуры;
- надежность структуры.

Наиболее эффективно функционирует сбалансированная организационная структура с равномерно распределенной информационной нагрузкой между всеми элементами структуры.

Проведем анализ *сбалансированности* на основе построенного графа структуры G_1 . Сбалансированность будем оценивать информационной нагрузкой на топ-менеджера и менеджеров высшего звена, наибольшей информационной нагрузкой элемента организационной структуры и степенью неравномерности информационной нагрузки у различных участников управленческой деятельности. Информационная нагрузка на высшем уровне иерархии определяется степенью однородности $\deg\{n_1^1\}$ [10] вершины n_1^1 количеством ребер графа вершины n_1^1 — $\deg\{n_1^1\} = 13$ — начальник принимает и реализует управленческие решения по тринадцати каналам информационных связей с другими участниками организационной структуры. В то же время у менеджеров высшего звена информационная нагрузка гораздо меньше:

$$\begin{aligned} \deg\{n_2^2\} &= 5; & \deg\{n_3^2\} &= 2; & \deg\{n_4^2\} &= 6; \\ \deg\{n_5^2\} &= 8; & \deg\{n_6^2\} &= 3; & \deg\{n_7^2\} &= 1; \\ \deg\{n_8^2\} &= 4; & \deg\{n_9^2\} &= 1; & \deg\{n_{10}^2\} &= 1; \\ \deg\{n_{11}^2\} &= 1; & \deg\{n_{12}^2\} &= 1; & & \\ \deg\{n_{13}^2\} &= 1; & \deg\{n_{14}^2\} &= 4. & & \end{aligned}$$

Поэтому для обеспечения рационального равномерного распределения информационной нагрузки между руководителями функциональных направлений существующая организационная структура нуждается в реорганизации.

Рациональным количеством информационных связей на высших уровнях системы управления является семь [11]. В соответствии с этим системно обоснованной характеристикой числа управленческих связей, информационной нагрузки генерального директора, является относительная величина:

$$\lambda_0 = \lambda_{n_1^1} = \frac{\deg n_1^1}{7}. \quad (2)$$

Для графа G_1 этот показатель равен 1,857, т. е. генеральный директор имеет информационную перегрузку в 85,7%. Максимальное количество управленческих связей — $\max \deg(G_1)$ имеется у начальника — $\max \deg(G_1) = \deg\{n_1^1\} = 13$.

Минимальное количество информационных каналов $\min \deg(G_1) = \deg\{n_7^2\} = \deg\{n_8^2\} = \deg\{n_9^2\} = \deg\{n_{10}^2\} = \deg\{n_{11}^2\} = \deg\{n_{12}^2\} = \deg\{n_{13}^2\} = 1$. В соответствии с этим степень неравномерности распределения информационной нагрузки, характеризуемая отношением максимальной и минимальной степеней однородности вершин графа G_1 равна 12:

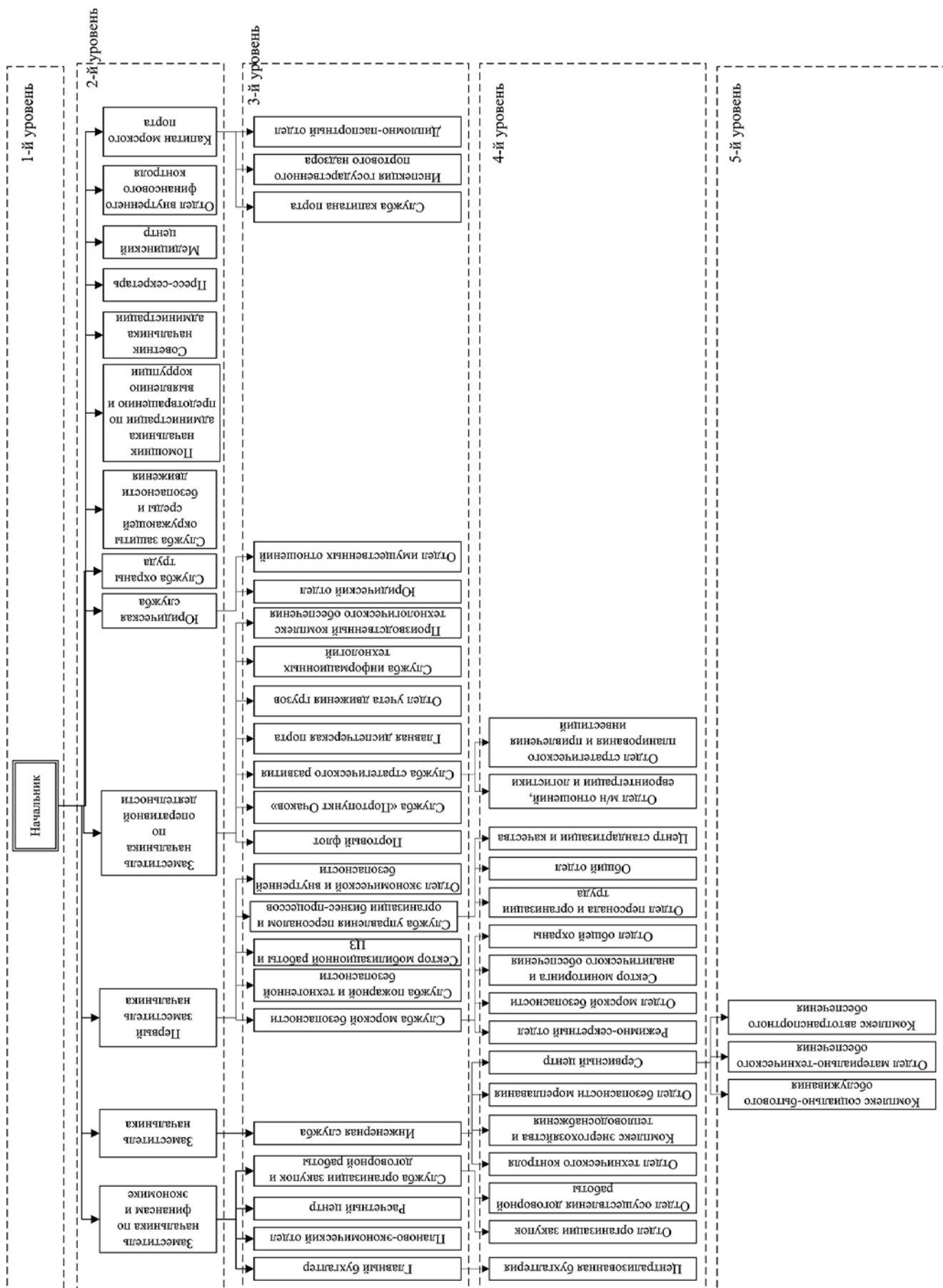


Рис. 1. Действующая структура управления

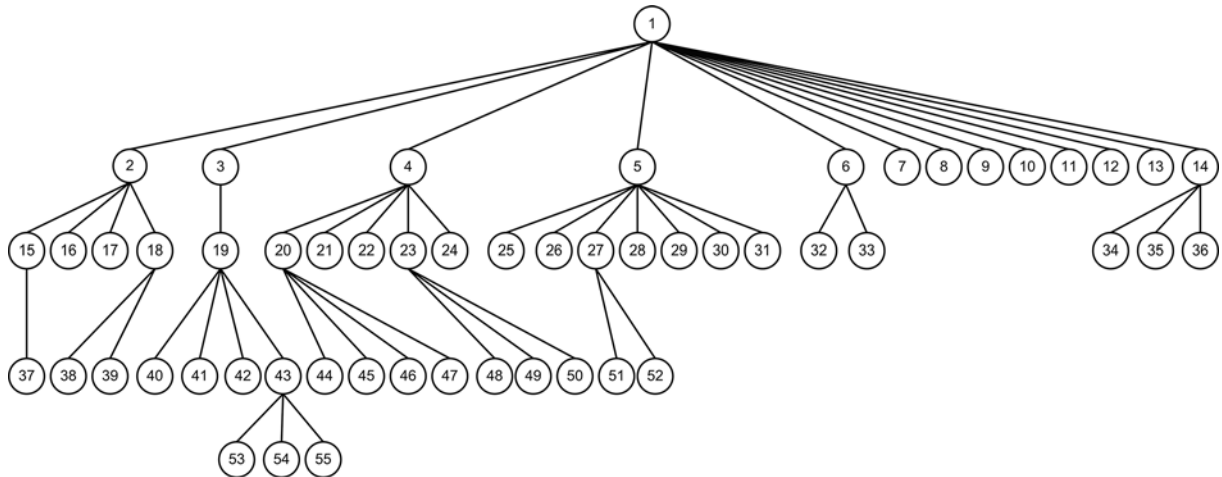


Рис. 2. Граф действующей структуры управления

$$\bar{\lambda} = \frac{\max \deg(G)}{\min \deg(G)} = \frac{13}{1} = 13.$$

Таким образом, оценки сбалансированности организационной структуры по двум показателям — максимальной информационной нагрузке и степени неравномерности информационной нагрузки — являются весьма неудовлетворительными, а информационная нагрузка топ-менеджера нуждается в улучшении.

Под целостностью будем понимать компактность архитектуры организационной структуры и также будем оценивать ее тремя частными критериями: диаметром графа $d(G_1)$, радиусом графа $r(G_1)$ и числом центров графа — m . Диаметр графа $d(G)$ характеризует наибольшую длину кратчайшей цепи, связывающей две вершины — максимальное расстояние между двумя его вершинами a и b :

$$d(G) = \max_{a,b \in V(G)} d(a,b), \tag{3}$$

где a и b произвольные вершины графа, $V(G)$ — множество всех вершин, $d(a, b)$ — расстояние между вершинами a и b . Он определяет максимальную длину маршрута, необходимого для передачи информации от наиболее удаленного подразделения в центр принятия управленческих решений и передачи принятого управленческого решения другому наиболее удаленному подразделению организации. Для структуры G_1 диаметр графа равен $d(G_1)=7$ (цепь $n_{53}^5 \rightarrow n_{43}^4 \rightarrow n_{19}^3 \rightarrow n_3^2 \rightarrow n_1^1 \rightarrow n_5^2 \rightarrow n_{27}^3 \rightarrow n_{52}^4$).

Радиус графа $r(G)$ характеризует наименьшее из максимальных значений расстояний от фиксированной вершины a до всех вершин графа $V(G)$

$$r(G) = \min_{a \in V(G)} \max_{b \in V(G)} d(a,b). \tag{4}$$

Он определяет длину маршрута передачи информации от центра принятия решений. Для

анализируемой структуры графа G_1 радиус равен $r(G) = 4$ (например, цепь для вершины n_1^1 — $n_1^1 \rightarrow n_3^2 \rightarrow n_{19}^3 \rightarrow n_{43}^4 \rightarrow n_{53}^5$). Центрами являются важнейшие вершины графа организационной структуры G_1 , где формируются основные управленческие решения. Центром графа является вершина, для которой выполняется следующее условие:

$$m(G) = \max_{b \in V(G)} d(a,b) = \min_{a \in V(G)} \max_{b \in V(G)} d(a,b). \tag{5}$$

Центр графа (m) отвечает минимизации расстояния $d(a, b)$ до самой удаленной вершины множества $V(G)$. Анализ структуры графа G_1 показывает, что он имеет один центр: вершину n_1^1 . Расстояние от вершины центра до самых удаленных вершин не превышает четырех. Видно, что вершина, определяющая центр графа G_1 , находится на высшем уровне иерархии.

Эффективность архитектуры организационной структуры тем выше, чем меньше диаметр графа $d(G)$ и разница между диаметром и радиусом $r(G)$ графа, и чем больше число центров графа m . Для рассматриваемой организационной структуры величины $d(G)$ и $d(G) - r(G)$ достаточно велики, а $m = 1$, что отвечает неудовлетворительному качеству существующей структуры.

Для анализа управляемости структуры применим следующие критерии — удельное число информационных каналов и количество замкнутых контуров управления. Удельное число информационных каналов — N/n , где N — число ребер и n — число вершин характеризует потенциал управления организационной структуры. Чем выше удельное число каналов управления, тем больше число управленческих связей, приходящихся на одного руководителя, и более эффективна система управления. Удельное число информационных каналов для графа G_1 составил $N/n = 54/55 = 0,9818$ — это низкий показатель эффективности.

Устойчивость организационной структуры, характеризующая сохранение работоспособности системы управления при потере некоторого количества структурных элементов, будем оценивать следующими критериями:

– Число внутренней устойчивости (или число независимости) $\alpha(G)$ — характеризует количество вершин в наибольшем максимальном внутренне устойчивом множестве графа G_1 . Множество внутренней устойчивости графа — это совокупность несмежных вершин, и оно определяет множество независимости участников управленческой деятельности. Чем больше число внутренней устойчивости α , тем больше степеней свободы имеет организационная структура, тем выше компетентность и профессионализм в выработке управленческих воздействий и меньше вероятность появления ошибок управления.

Наибольшим независимым множеством вершин в графе G_1 является:

$$V(n_3^2, n_7^2 \dots n_{13}^2, n_{16}^3, n_{17}^3, n_{21}^3, n_{22}^3, n_{24}^3 \dots n_{26}^3, n_{28}^3 \dots n_{36}^3, n_{37}^4 \dots n_{42}^4, n_{44}^4 \dots n_{52}^4, n_{53}^5 \dots n_{55}^5).$$

В соответствии с этим число внутренней устойчивости структуры $\alpha(G_1) = 42$, что составляет 76,36% от общего количества структурных элементов, и организационная структура обладает достаточно высокой степенью независимости.

– Число внешней устойчивости (или число доминирования) $\beta(G)$ определяет количество вершин, входящих в наименьшее множество внешней устойчивости. Подмножество вершин графа V является внешне устойчивым, или доминирующим, если каждая вершина графа G смежна с некоторой вершиной из V , иначе говоря, каждая вершина графа находится на расстоянии не более 1 от доминирующего множе-

ства. Принадлежность к доминирующему множеству характеризует надежность обеспечения информацией всех участников управленческой деятельности, которая тем выше, тем больше наименьшее доминирующее множество и, соответственно, число внешней устойчивости β . Анализ графа G_1 показал, что наименьшим внешне устойчивым множеством является множество:

$$V(n_1^1, n_2^2, n_4^2 \dots n_6^2, n_{14}^2, n_{15}^3, n_{18}^3 \dots n_{20}^3, n_{23}^3, n_{27}^3, n_{43}^4).$$

Число внешней устойчивости структуры G_1 $\beta = 13$ — достаточно высокий показатель количества ключевых лиц, принимающих управленческие решения — 23,64% от общего числа структурных элементов.

Полученные значения частных критериев качества действующей организационной структуры морского порта приведены в табл. 1.

Проведем анализ действующей организационной структуры предприятия по критериям затрат на содержание структуры [6]:

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 n_1^1 , который не имеет начальников и которому подчинены все остальные менеджеры и исполнители организации;

4. Норма управляемости r не является постоянной: $0 \leq r \leq 13$.

5. Организационная иерархия не является симметричной:

Таблица 1. Критерии качества действующей организационной структуры

Группа критериев	Наименование критерия	Обозначение	Значение	Оптимизация
Сбалансированность	информационная нагрузка первого руководителя	$\lambda_0 = \lambda_{n_1^1} = \frac{\text{deg } n_1^1}{7}$	1,857	min
	максимальная информационная нагрузка	$\max \text{deg } G_1$	13	min
	степень неравномерности информационной нагрузки	$\bar{\lambda}$	13	min
Целостность	число центров	m	1	max
	диаметр	d	7	min
	радиус	r	4	min
Управляемость	число каналов управления	N	54	max
	соотношение числа каналов управления и вершин	N/n	0,9818	max
Надежность	число внутренней устойчивости	α	42	max
	число внешней устойчивости	β	13	max

$$\begin{aligned} & \{n_{15}^3 \dots n_{18}^3\} \in n_2^2; \{n_{19}^3\} \in n_3^2; \{n_{20}^3 \dots n_{24}^3\} \in n_4^2; \{ \\ & \{n_{25}^3 \dots n_{31}^3\} \in n_5^2; \{n_{32}^3, n_{33}^3\} \in n_6^2; \{\emptyset\} \in n_7^2; \\ & \{\emptyset\} \in n_8^2; \{\emptyset\} \in n_9^2; \{\emptyset\} \in n_{10}^2; \{\emptyset\} \in n_{11}^2; \{\emptyset\} \in n_{12}^2; \\ & \{\emptyset\} \in n_{13}^2; \{n_{34}^3, n_{35}^3, n_{36}^3\} \in n_{14}^2. \end{aligned}$$

6. Количество менеджеров в оптимальной иерархии с нормой управляемости $r = 7$ на множестве из $n = 55$ исполнителей равно $M = (n - 1) / (r - 1) = 54 / 6 \approx 9$, а в данной структуре 14 менеджеров.

Таким образом, проведенный анализ действующей ОС морского порта показывает, что по критериям качества топологии и затрат на содержание такая структура не в полной мере является эффективной, что может стать основанием для ее перестройки.

С целью уменьшения информационной нагрузки топ-менеджера и перераспределения нормы управляемости менеджеров второго уровня иерархии, проведем имитационное моделирование организационной структуры морского порта, используя ГДО «локальные переподчинения»:

$$\psi(n) = \varphi(n) + p(n),$$

где $\psi(n)$ — функция подчинения преобразованного графа, вычисляется, исходя из следующих условий:

$$\psi(n) = \begin{cases} (n) & \text{при тех } n, \text{ где } p(n) = 0; \\ 0 & \text{при тех } n, \text{ где } p(n) = -1, 0 \leq (n) \leq 1; \\ n-1 & \text{при тех } n, \text{ где } p(n) = 1; \\ (n) + p(n) & \text{при тех } n, \text{ где } p(n) = -1, (n) > 1; \end{cases}$$

$\varphi(n)$ — функция подчинения исходного графа; $p(n)$ — функция перестройки $p(n) \in \{-1; 0; +1\}$ [9].

В связи с тем, что превышения показателя нормы управляемости приходится на вершину n_1^1 , то для преобразований положим, что функция перестройки:

$$p(n_6^2) = p(n_7^2) = p(n_{11}^2) = p(n_{26}^3) = 1;$$

$$p(n_2^2) \dots p(n_5^2) = 0; p(n_8^2) \dots p(n_{10}^2) = 0;$$

$$p(n_{12}^2) \dots p(n_{14}^2) = 0;$$

$$p(n_{15}^3) \dots p(n_{25}^3) = 0; p(n_{27}^3) \dots p(n_{55}^5) = 0.$$

В результате преобразований получим граф-дерево G_2 , структура которого изображена на рис. 3.

Далее выполним анализ преобразованной структуры по критериям качества топологии. Результаты анализа отражены в таблице 2.

Проведем анализ преобразованной организационной структуры предприятия по критериям затрат на содержание структуры [5]:

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 n_1^1 , который не имеет начальников и которому подчинены все остальные менеджеры и исполнители организации;

4. Норма управляемости r не является постоянной: $0 \leq r \leq 10$.

5. Организационная иерархия не является симметричной:

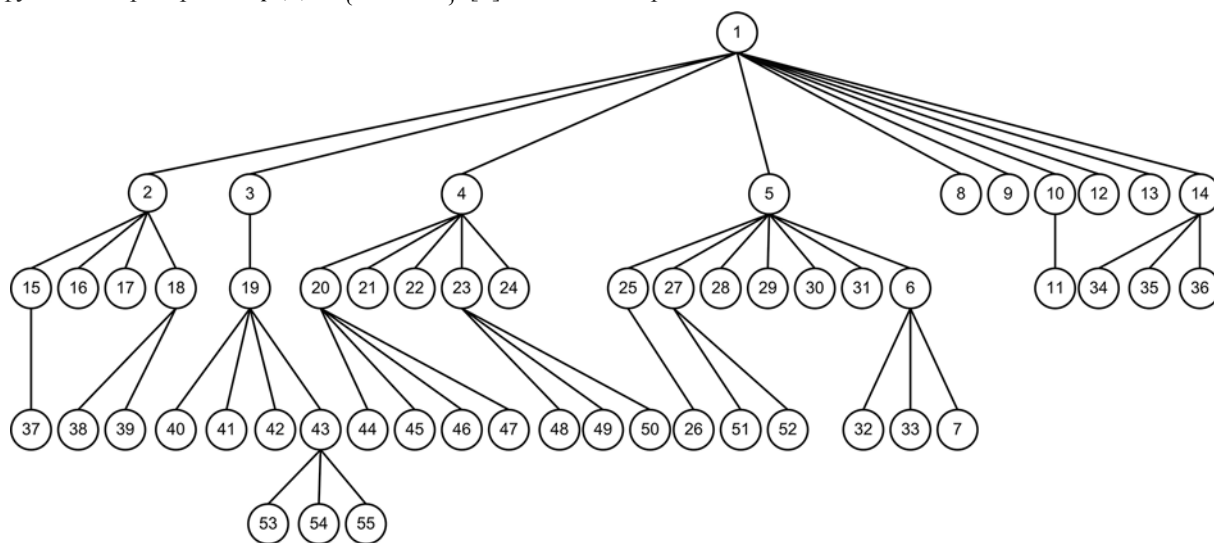


Рис. 3. Граф преобразованной структуры

Таблица 2. Критерии качества преобразованной организационной структуры

Группа критериев	Наименование критерия	Обозначение	Значение	Оптимизация
Сбалансированность	информационная нагрузка первого руководителя	$\lambda_0 = \lambda_{n_1} = \frac{\deg n_1^1}{7}$	1,429	min
	максимальная информационная нагрузка	$\max \deg G_1$	10	min
	степень неравномерности информационной нагрузки	$\bar{\lambda}$	10	min
Целостность	число центров	m	1	max
	диаметр	d	7	min
	радиус	r	4	min
Управляемость	число каналов управления	N	54	max
	соотношение числа каналов управления и вершин	N/n	0,9818	max
Надежность	число внутренней устойчивости	α	40	max
	число внешней устойчивости	β	15	max

$$\{n_{15}^3 \dots n_{18}^3\} \in n_2^2; \{n_{19}^3\} \in n_3^2; \{n_{20}^3 \dots n_{24}^3\} \in n_4^2;$$

$$\{n_6^3, n_{25}^3, n_{27}^3 \dots n_{31}^3\} \in n_5^2;$$

$$\{\emptyset\} \in n_8^2; \{\emptyset\} \in n_9^2; \{n_{11}^3\} \in n_{10}^2; \{\emptyset\} \in n_{12}^2; \{\emptyset\} \in n_{13}^2;$$

$$\{n_{34}^3, n_{35}^3, n_{36}^3\} \in n_{14}^2.$$

6. Количество менеджеров в оптимальной иерархии с нормой управляемости $r = 7$ на множестве из $n = 76$ исполнителей равно $M = (n - 1) / (r - 1) = 54 / 6 \approx 9$, а в данной структуре 16 менеджеров.

ВЫВОДЫ. Выполненный анализ показал, что преобразованная структура морского порта является

более оптимальной согласно критериям качества топологии и критериям затрат на содержание. Допустимость по оптимальности подразумевает выполнение всех или большей части условий (критериев) оптимальности. Для данного примера, оптимальность ОС выполняется по критериям сбалансированности, надежности, а также по первым пяти критериям затрат на содержание. При этом следует отметить, что выполненное графодинамическое имитационное моделирование ОС позволило получить преобразованную структуру со сниженными показателями нормы управляемости и информационной нагрузки топ-менеджера. Однако организационная структура нуждается в дальнейшей оптимизации с участием эксперта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Айзерман, М. А. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) I [Текст] / М. А. Айзерман, Л. А. Гусев, С. В. Петров, И. М. Смирнова // Автоматика и телемеханика. — 1977. — № 7. — С. 135–151.
- [2] Губко, М. В. Математические модели оптимизации иерархических структур [Текст]. — М. : ЛЕНАНД, 2006. — 264 с.
- [3] Дилигенский, Н. В. Комплексная оценка эффективности организационной структуры газораспределительной организации [Текст] / Н. В. Дилигенский, В. И. Немченко, М. В. Посашков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 14. — 2012. — № 4 (5). — С. 1445–1450.
- [4] Дилигенский, Н. В. Многокритериальная оценка сравнительной эффективности организационных систем управления [Текст] / Н. В. Дилигенский, М. В. Цапенко // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды VIII межд. конф. — Самара : СамНЦ РАН, 2006. — С. 66–72.
- [5] Дилигенский, Н. В. Структурный синтез локально оптимальных организационных систем управления с обратными связями [Текст] // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды VIII межд. конф. — Самара : СамНЦ РАН, 2006. — С. 57–65.
- [6] Коваленко, И. И. Графодинамическое имитационное моделирование организационных иерархий с использованием критериев их оптимальности [Текст] / И. И. Коваленко, С. Б. Приходько, А. В. Швед, Е. С. Пугаченко // Проблемы информационных технологий. — 2013. — № 2 (014). — С. 40–44.
- [7] Коваленко, И. И. Исследование графодинамической операции перестройки в проектах оптимизации иерархических организационных структур: сб. науч. пр. НУК [Текст] / И. И. Коваленко, Е. С. Пугаченко. — 2014. — № 5. — С. 74–79.

- [8] **Мескон, М. Х.** Основы менеджмента [Текст] / М. Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. Пер. с англ. — М. : Дело, 1992. — 493 с.
- [9] **Новиков, Д. А.** Теория управления организационными системами [Текст]. — М. : Физматлит, 2007. — 523 с.
- [10] **Салов, А. Г.** Анализ эффективности функционирования структур управления энергетическими предприятиями [Текст] // Известия высших учебных заведений Северо-Кавказский регион. «Технические науки». — Новочеркасск, 2008. — № 1 (143). — С. 32–37.
- [11] **Харари, Ф.** Теория графов [Текст]. — М. : Мир, 1973. — 301 с.

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

Надійшла до редколегії 02.12.2015

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. *М. І. Радченко*