

# СИСТЕМНО-СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**А.В. Логинова**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*  
Россия, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29  
E-mail: alexandra-lo@yandex.ru

**Ключевые слова:** управление, социально-экономическая система, системный анализ, структура, система управления, системно-целевой подход.

**Аннотация:** В статье развивается концепция системно-структурного моделирования, основанная на преобразовании иерархических структур. Выполнен обзор подходов и методов к синтезу и исследованию структур, применяемых при принятии решений в организационном управлении, таких как целевой подход, структурно-функциональный подход, номинально-структурный подход, концепция структурного синтеза и др. Описан алгоритм методики корректировки структуры управления предприятия, включающий в себя разработку и исследование организационных целей, построение «деревьев целей» и оценку их значимости. Предложенную методику предлагается применять в сфере организационного управления для анализа особенностей организационных структур, выдвижения рекомендаций по их совершенствованию с учетом выбранного направления развития предприятия. В основе методики системно-структурного моделирования лежат, прежде всего, работы отечественных авторов, реализующие целевой подход (подход «сверху», от глобальной цели) к проектированию иерархических структур целей и функций управления.

## 1. Введение

На протяжении всего периода становления системных исследований развивалось направление, связанное с формированием и исследованием структур систем. Системно-структурное моделирование базировалось на различных подходах. В работе [1] подходы разделены на две группы: подходы из первой группы называются «целевыми» (синтез структур выполняется от целей, «сверху»); вторую группу образуют подходы к моделированию, названные подходами «снизу», в которых модель системы строится путем исследования пространства состояний (терминальный, лингвистический, морфологический, тезаурусный подход и т. п.).

Исследования в области структур систем начинались на базе математической логики и были посвящены синтезу автоматов и схем путем введения правил взаимодействия элементов и минимизации структур на основе законов и теорем логики [2]. Первым наиболее развитым и востребованным на практике подходом стал кибернетический подход Л. А. Растригина [3].

Было создано достаточно много решений (походов, методик, языков моделирования и инструментальных средств), реализующих подход «снизу»; в том числе структурно-функциональный подход А.С. Казарновского [4-6]; метод системно-структурного синтеза Ю.И. Лыпаря [7-10], номинально-структурный подход А.С. Лукьянченко [11]; функционально-технологический подход [см., напр., 12]; процессный подход во всем его многообразии, включая совокупность методов и приемов анализа бизнес-процессов.

Вместе с тем для всех этих подходов характерно отсутствие постановки задачи выбора структур из множества порождаемых альтернатив; и путь проектирования

структуры «снизу вверх», от элементов к целостной структуре объекта, выполняется экспертами интуитивно, с опорой на опыт. Развиваемая в статье концепция системно-структурного моделирования основана на использовании «целевого» подхода и предназначается для преобразования иерархических структур управления предприятиями. Подход предлагается применять в сфере организационного управления для исследования особенностей организационных структур, выдвижения рекомендаций по их совершенствованию.

## 2. Концепция корректировки организационной структуры, основанная на системно-целевом подходе

Опираясь на работы отечественных исследователей, можно выделить три основных подхода к проектированию оргструктур: нормативно-функциональный (разработки НИИ Труда), функционально-технологический (напр., работы С.А. Валуева) и системно-целевой (предложен Б.З. Мильнером) [1, 12]. Сильное взаимное влияние оргструктуры и долгосрочных организационных целей (стратегии) отмечалось во многих работах по организационному управлению, включая работы А. Слоуна, А. Чэндлера, Г. Минцберга [13, 14].

Предложенные в статье шаги по корректировке оргструктуры используют системно-целевой подход. Основная идея подхода заключается в проектировании структур целей и функций (ЦФ) организационного управления как отправного этапа для разработки или корректировки организационной структуры. Проектирование структур организационных целей предполагает использование упомянутого выше подхода «сверху», т. е. предварительную разработку сфер деятельности организации, концепции её развития, стратегии, миссии, что выполняется на верхних уровнях принятия решений. Общий вид предлагаемой методики корректировки организационной структуры, основанной на системно-целевом подходе, представлен на рис. 1. Результат применения методики – возможность проанализировать распределение функций между элементами оргструктуры (исполнителями) и сделать вывод о необходимых корректировках организационной структуры.

Разработке структур ЦФ предшествует анализ ключевых факторов внешней и внутренней среды организации; описание организации как системы полезно сделать с опорой на то или иное определение системы. Например, на определение системы В.Н. Волковой [1, 12, 15]. Знание особенностей организации позволяет обосновывать выбор методик структуризации ЦФ на втором этапе. Структуризация ЦФ выполняется с помощью методик структуризации ЦФ и автоматизированных диалоговых процедур анализа целей и функций [16].

На следующем этапе полученная структура ЦФ сопоставляется со структурой исполнителей (оргструктурой), чтобы ответить на вопрос, как распределяются функции в организации (рис. 2). Поскольку при распределении функций между исполнителями важно учитывать их трудоемкость и значимость (влияние на глобальную цель организации), полезно дополнить методику этапом оценки функций, используя экспертные оценки.

Вначале определяется состав критериев для экспертной оценки элементов деревьев целей и функций:  $k_1, k_2, \dots, k_l, \dots, k_L$ ; затем экспертами задаются веса критериев  $q_1, q_2, \dots, q_l, \dots, q_L$ :  $\sum_{l=1}^L q_l = 1$ . При выборе набора критериев оценки можно руководствоваться, например, критериями, основанными на методике ПАТТЕРН корпорации RAND [17] или на методике, предложенной В.Н. Волковой и В.Н. Четвериковым [1, 12, 15].

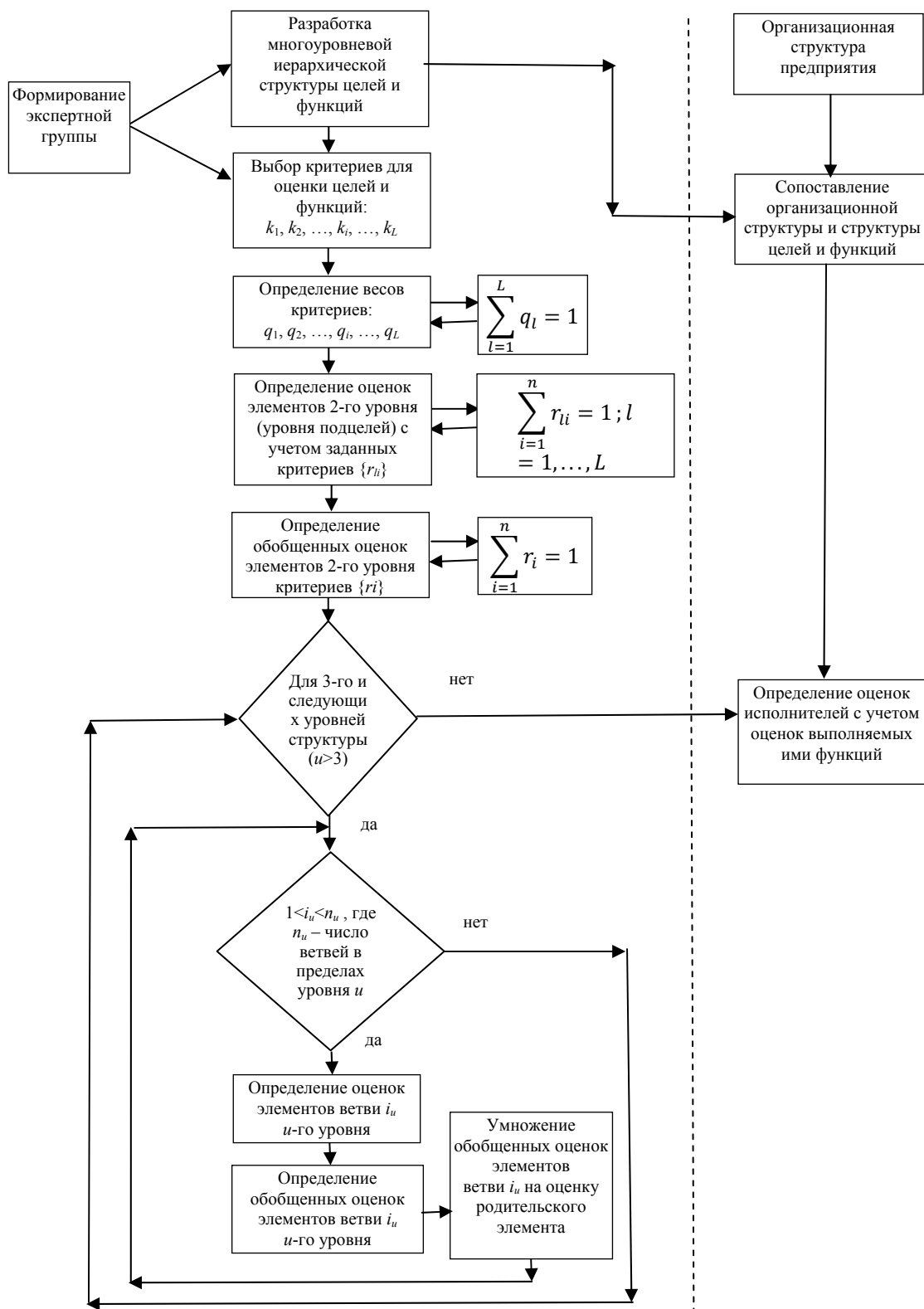
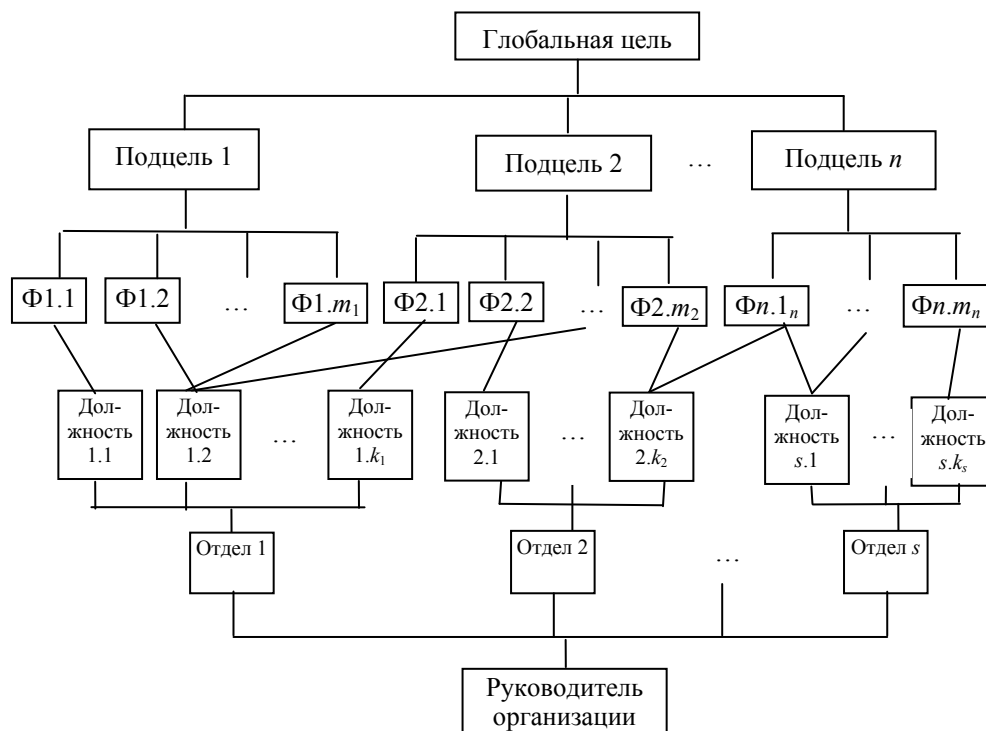


Рис. 1. Алгоритм методики корректировки оргструктуры исполнителей.

### 3. Пример корректировки оргструктуры

Пример сопоставления структуры ЦФ организации с организационной структурой приведен на рис. 2.

Проводится оценка составляющих структуры ЦФ; и на основе этих оценок определяются доли участия подразделений оргструктуры в выполнении функции системы управления.



**Рис. 2.** Сопоставление структуры целей и функций и организационной структуры (распределение функций/задач по исполнителям).

Для удобства выполнения процедуры оценки рекомендуется использовать не менее двух и не более пяти критериев. Оценки целей (функций) определяются в долях от единицы. Вначале выполняется оценка элементов иерархической структуры ЦФ. Верхний уровень структуры («глобальная цель»), единый корень дерева, по умолчанию имеет оценку «1»:  $r = 1$ . Элементы нижележащих уровней оцениваются по каждому из заданных критериев  $\{k_l\}$ . Важно, что такая оценка проводится в пределах каждой из ветвей дерева целей отдельно, т. е. сравниваются между собой только элементы одного уровня, имеющие общий «родительский» (вышестоящий) элемент. Чем выше данные оценки, тем более значимой является подцель (функция) с точки зрения экспертов. Например, если имеется  $n$  элементов второго уровня структуры (уровня подцелей), введем обозначения  $r_{li}$  ( $l = 1, \dots, L; i = 1, \dots, n$ ) для оценок каждой  $i$ -й подцели по  $l$ -му критерию. Пусть  $L = 3$ , т. е. используются всего три критерия для оценки элементов дерева ЦФ, и определены значения весов критериев  $\{q_1, q_2, q_3\}$  (табл. 1). В основную часть таблицы построчно вносятся оценки подцелей по каждому из критериев  $r_{li}$ :

$$\sum_{i=1}^n r_{li} = 1, l = \{1, 2, 3\}.$$

Для того, чтобы подцели можно было сравнить друг с другом, с учетом оценок, полученных по всем критериям, для каждой из подцелей выполняется операция умножения весов критериев на оценки подцели по каждому из критериев, а затем – сложение полученных оценок:

$$r_i = \sum_{l=1}^L q_l \cdot r_{li}, i = 1, \dots, n.$$

**Таблица 1.** Пример вычисления оценок элементов в пределах одной «ветви» иерархической структуры.

№ критерия	Вес критерия	Значение веса критерия	Оценки подцелей $r_{i,j_l}$						Итого $\sum_{i=1}^n r_{li}$
			П1	П2	...	Пi	...	Пn	
1	$q_1$	0,2	0,20	0,18	...	0,15	...	0,16	1
2	$q_2$	0,3	0,22	0,19	...	0,18	...	0,20	1
3	$q_3$	0,5	0,18	0,20	...	0,22	...	0,18	1
<b>Итого</b>	$\sum_{l=1}^3 q_l$	1	$0,2 \cdot 0,2 + 0,3 \cdot 0,22 + 0,5 \cdot 0,18 = 0,196$	$0,2 \cdot 0,18 + 0,3 \cdot 0,19 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,193$	...	$0,2 \cdot 0,15 + \dots$	...	$0,2 \cdot 0,16 + \dots$	1

На каждом новом уровне декомпозиции для каждой из ветвей дерева ЦФ повторяется аналогичная процедура оценки. Например, табл. 1 иллюстрирует распределение оценок между функциями, подчиненными 1-й подцели. Когда в пределах одной ветви эксперт оценил каждый из элементов по каждому критерию, можно вычислить оценку каждого из элементов с учетом всех критериев и заданных прежде весов критериев (см. нижнюю строку в табл. 1):

$$r_{j_1} = \sum_{l=1}^L q_l r_{l,j_1}, j_1 = 1, \dots, m_1.$$

$$\sum_{j_1=1}^{m_1} r_{j_1} = 1.$$

В результате получаются оценки элементов одного уровня в пределах ветвей дерева ЦФ. Затем выполняется перемножение оценок подчиненных элементов и «родительских» элементов с учетом всех уровней иерархии.

Для дальнейшего анализа вычисляется сумма оценок функций нижнего уровня структуры, относящихся к одному и тому же исполнителю. При этом если одну функцию выполняют несколько исполнителей, нужно указать доли их участия в её выполнении (доли от единицы), чтобы избежать двойного счета.

## 4. Заключение

Выполнен обзор подходов и методов к синтезу и исследованию структур. Подобные подходы актуальны для проектирования структур организационного управления предприятия. Описан алгоритм методики корректировки оргструктуры, включающий в себя разработку и исследование организационных целей, построение «деревьев целей» и оценку их значимости. Предложенную методику предлагается

применять для анализа особенностей организационных структур, выдвижения рекомендаций по их совершенствованию с учетом выбранного направления развития предприятия.

Такие работы выполняются, в том числе, на базе СПбПУ (см., напр., [16, 18–20]). Методика будет развиваться применительно к многоуровневым структурам. Идея формирования, оценки структуры ЦФ и сопоставления её элементов со множеством элементов другой структуры используется не только при корректировке оргструктур; так, методика применяется при проектировании (корректировке) состава функций информационных систем и комплексов.

## Список литературы

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата / Изд. 3-е. М.: Юрайт, 2022. 562 с.
2. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтеза схем. М.: Энергия, 1968. 228 с.
3. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Радио и связь, 1980. 228 с.
4. Казарновский А.С., Ененко Г.Ф. Структурно-функциональная модель сложного производственного объекта // Управляющие системы и машины. 1974. № 5. С. 3-7.
5. Казарновский А.С., Перлов П. А., Радченко В.Т. Совершенствование организационных структур промышленных предприятий: Вопросы методологии. Киев: Наукова думка, 1981. 310 с.
6. Казарновский А.С. Организационное проектирование на предприятии: Игровой подход. Киев: Наукова думка, 1990. 214 с.
7. Лыпарь Ю.И. Структурный синтез электронных цепей. Л.: Изд-во ЛПИ, 1982.
8. Лыпарь Ю.И. Системное проектирование. Функциональный и структурный аспекты // Кибернетика и информатика в Санкт-Петербурге: сб. науч. трудов к 50-летию секции «Кибернетика» Дома ученых им. Горького РАН. С.Пб.: Изд-во Политех. ун-та, 2006. С. 217–238.
9. Лыпарь Ю.И. Теория системного структурного синтеза // Междунар. научно-практич. конф.: Системный анализ в проектировании и управлении. С.Пб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. С. 43-45.
10. Лыпарь Ю.И., Кацко И.А., Бершицкая Г.Ф. Теория системно-структурного проектирования – основа интеллектуализации разработки моделей и систем поддержки принятия решений. Краснодар: КНАУ, 2010. 48 с.
11. Лукьянченко А.С. Анализ и факторизация коммуникационных структур // Техника средств связи. 1979. Сер. АСУ. Вып. 1. С. 59-72.
12. Системный анализ в экономике и организации производства / Под ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. Л.: Политехника, 1991. 398 с.
13. Кох Р. Стратегия. Как создавать и использовать эффективную стратегию / 2-е изд. С.Пб.: Питер, 2003. 28 с.
14. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации. С.Пб.: Питер, 2001.
15. Волкова В.Н., Романкова Л.И. Секреты организации научных исследований: НИИ высшего образования – 30 лет / Под ред. А.Я. Савельева. С.Пб.: Изд-во СПбГТУ, 2004. 160 с.
16. Волкова В.Н. и др. Автоматизированные диалоговые процедуры для формирования и анализа структур целей и функций систем управления: Практикум / Под ред. В.Н. Волковой. С.Пб.: Издательство Политехнического университета, 2015. 64 с.
17. Лопухин М.М. ПАТТЕРН (метод планирования и прогнозирования научных работ). М.: Сов. радио, 1971. 160 с.
18. Волкова В.Н., Горелова Г.В., Козлов В.Н. и др. Моделирование систем и процессов / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 592 с.
19. Волкова В.Н., Горелова Г.В., Ефремов А.А. и др. Моделирование систем и процессов / Под ред. В.Н. Волковой. М.: Изд-во Юрайт, 2016. 295 с.
20. Volkova V.N., Loginova A.V. Multilevel hierarchical models as a method of conservation of integrated representation in the studying or engineering the system // System Analysis in Economics – 2018. Proceedings of the V international research conference – biennale. Moscow, Russia, 21-23 November, 2018. Moscow: Prometheus publishing house, 2018. P. 284-287. DOI: 10.33278/SAE-2018.eng.284-287.