

# Синтез иерархических структур управления организациями\*

В.Н. Цыгичко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

**Аннотация.** В статье представлена новая парадигма синтеза иерархической структуры управления социально-экономическими организациями. Предложен структурообразующий параметр – порог сложности – характеризующий возможности человека принимать решения в условиях неопределенности в ограниченное время. Дана формальная постановка задачи синтеза иерархических систем управления.

**Ключевые слова:** организация, управление, иерархическая структура, синтез, порог сложности.

**DOI:** 10.14357/20790279210202

## Введение

Разработка формальной теории и математических методов синтеза иерархических систем управления социально-экономическими организациями была и остается одной из наиболее актуальных фундаментальных проблем. Эта проблема всегда была камнем преткновения для кибернетиков, поскольку организации создаются и управляются людьми, чьи индивидуальные качества и их отношения между собой в процессе работы являются главными факторами, которые определяют иерархическую структуру и эффективность управления. Классическая парадигма кибернетики, во многом определившая направления технического прогресса, оказалась здесь несостоятельной. Требуется принципиально другой подход, не вписывающийся в традиционные рамки исследования операций и формальных методов поиска оптимальных управлений.

Синтез иерархических систем – это органичная часть теории принятия решений, основные положения которой позволяют выявить генезис и механизм функционирования этих систем, их свойства и закономерности развития [1].

Проведенный анализ публикаций [2-8], посвященных этой проблеме, показывает, что ее решение пока не найдено.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-07-00522.

## 1. Принцип последовательного разрешения неопределенности

Основные закономерности принятия решений в иерархических организационных системах сформулируем в виде фундаментального принципа теории принятия решений – принципа последовательного разрешения неопределенности.

Этот принцип утверждает, что процесс принятия решения должен представлять собой движение от обобщенного представления о целях, характере деятельности, условиях функционирования и развития управляемой системы и показателях ее рационального поведения как целостности до детального представления задач, механизмов функционирования, условий и критериев деятельности всех подсистем и элементов организации. В процессе этого движения на каждом уровне представления системы, начиная с высшего, из множества допустимых альтернатив решений для дальнейшего рассмотрения отбираются только заслуживающие внимания с точки зрения целей системы, а остальные отбрасываются и более не рассматриваются.

Правильность выбора альтернатив на каждом уровне обобщения проверяется путем их анализа на нижестоящем, более детальном уровне представления системы. По результатам этого анализа исходные альтернативы уточняются, а их число сокращается. Такая организация процесса принятия

решений позволяет выделить для анализа только небольшую часть всех возможных комбинаций параметров управления, из которой и должно выбираться наиболее рациональное, с точки зрения принятых критериев, решение.

## 2. Формальная постановка задачи синтеза иерархических систем управления

Одним из возможных путей конструктивного продолжения принципа последовательного разрешения неопределенности является введение меры, отражающей необходимую степень агрегирования описания системы и ее элементов на разных уровнях обобщения. В качестве такой меры может быть принят *порог сложности*.

Принцип последовательного разрешения неопределенности позволяет рассматривать процедуры принятия решений как некоторый инвариант мыслительного процесса. Поэтому конструктивная форма представления этого принципа связана, прежде всего, со свойствами мышления. Такие особенности мышления, как способность к целенаправленному многоуровневому абстрактному отражению реальности, способность к классификации и другие связаны с одним из его важнейших свойств – ограниченностью числа факторов и условий, которыми сознание может одновременно оперировать при решении конкретной задачи. В настоящее время эти свойства активно изучаются, а показатели этих ограничений широко используются на практике, особенно в связи с проблемой представления информации для принятия оперативных решений [3-5]. Масштаб деятельности руководителя в любом звене иерархии управления организацией определяется порогом сложности его управленческих задач.

*В теории принятия решений порог сложности выступает мерой допустимой размерности задачи управления, решаемой в заданный промежуток времени.*

Введение понятия «порог сложности» вносит конструктивный элемент в проблему синтеза иерархических систем управления организациями. Вместе с тем, определяя порог сложности через размерность решаемой управленческой задачи или размерность теоретического описания функционирования организации, мы допускаем определенную условность, так как семантика этих понятий существенно различна. Эти различия можно продемонстрировать на таком примере.

Допустим два каких-либо процесса описываются одинаковым количеством независимых переменных. Механизм первого процесса представлен некоторой линейной формой этих переменных, а

механизм второго – нелинейной, алгоритмически заданной функцией. Интуитивно очевидно, что сложность описания и интерпретации во втором случае значительно выше, когда добавление дополнительных переменных описания процесса может сделать его вообще содержательно не интерпретируемым. В то же время введение дополнительных переменных в линейную форму практически не влияет на сложность интерпретации результатов расчетов.

Приведенный пример иллюстрирует тот факт, что *каждой конкретной задаче, решаемой в процессе управления, т.е. каждому конкретному решению, соответствует свой порог сложности, который может быть выражен некоторым характерным для каждой задачи ограниченным числом параметров описания управляемого процесса.* Естественно также предположить, что *порог сложности – неубывающая функция времени, выделенного на принятие решения.*

В содержательном описании процессов функционирования организации порог сложности присутствует в неявном виде, определяя механизм постоянной схемы уровней теоретического анализа. Эта органичная смена уровней рассмотрения проблем делает содержательные теоретические построения интуитивно ясными, понятными и убедительными. Однако уже на первом этапе формализации, когда выделяются параметры управляемого процесса, используемые при принятии решений, порог сложности приобретает конкретную количественную форму для каждого звена иерархии управления организацией.

Практическое определение порога сложности составляет самостоятельную проблему, поскольку его величина зависит не только от содержания решаемой в ограниченное время управленческой задачи, но и во многом определяется личными качествами принимающего решение.

При распределении управленческих задач в иерархии управления организацией целесообразно пользоваться средним нормативом – три-четыре одновременно учитываемых параметра при решении каждой управленческой задачи в цикле оперативного управления. Начальное распределение должно уточняться в ходе реального процесса управления организацией.

При формальном многоуровневом описании организации порог сложности может быть введен за счет ограничения числа исходных понятий в языках ее описания.

Принцип последовательного разрешения неопределенности представляет решение в виде итерационного процесса, состоящего из ряда последо-

вательных этапов выбора приемлемых альтернатив на каждом уровне представления управляемого объекта. Многоуровневая структура процесса принятия решения требует декомпозиции проблемы по уровням ее представления. Введение порога сложности позволяет сформулировать условия и механизм такой декомпозиции.

На каждом этапе принятия решения полностью повторяется вся процедура выбора альтернатив. Это означает, что управляющему приходится иметь дело с полной информационной структурой решения, т.е. с полной совокупностью неопределенностей на каждом уровне обобщения.

Порог сложности, выраженный ограничениями, представим в виде величины предельной неопределенности информации, которую может использовать управляющий, принимая решение. По аналогии назовем порог сложности каждой задачи, решаемой на этапе принятия решения, полной предельной энтропией  $i$ -й задачи  $n$ -го уровня обобщения  $\mathcal{E}_{III_i}^n$ .

Поскольку каждая задача, составляющая решение, не должна превышать соответствующего порога сложности, то для первого этапа принятия решения, состоящего из одной задачи, можно записать условие:

$$\mathcal{E}_{III_i}^{n=1} \geq \mathcal{E}_I^{n=1} = \mathcal{E}_{nom}^{n=1} + \mathcal{E}_T^{n=1} + \mathcal{E}_{ocm}^{n=1}.$$

В общем виде для любого этапа принятия решения это условие определяется выражением:

$$\sum_i^I \mathcal{E}_{III_i}^n \geq \sum_i^I \mathcal{E}_i^n = \mathcal{E}_I^n, \quad (1)$$

где  $i$  – номер последовательно решаемой задачи на  $n$ -м этапе принятия решения;  $I$  – число таких задач;  $\mathcal{E}_I^n$  – полная энтропия  $n$ -го уровня решения;  $\mathcal{E}_{III_i}^n$  – полная энтропия  $i$ -й задачи  $n$ -го уровня решения;  $\mathcal{E}_{nom}^n$ ,  $\mathcal{E}_T^n$ ,  $\mathcal{E}_{ocm}^n$  – составные части полной энтропии решения  $i$ -й задачи  $n$ -го уровня.

Для решения в целом должно выполняться условие:

$$\mathcal{E}_n = \sum_{i=1}^N \sum_{i=1}^I \mathcal{E}_{n_i}^n \leq \mathcal{E}_{III} = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I \mathcal{E}_{III_i}^n, \quad (2)$$

где  $N$  – число уровней обобщения в иерархии описания управляемого процесса.

Из условий (1) и (2) следует, что вертикальная и горизонтальная декомпозиции решаемой проблемы на этапы и задачи определяется степенью ее сложности, т.е. величиной полной энтропии решения  $\mathcal{E}_I$  и порогами сложности отдельных задач декомпозиции этого решения  $\mathcal{E}_{III_i}^n$ .

Оператор декомпозиции, определяющий структуру процесса принятия решения  $\{N, I\}$ , в

зависимости от величины полной энтропии решения  $\mathcal{E}_I$ , представляет собой итеративный процесс последовательного сверху вниз определения уровней описания проблемы и числа задач, последовательно решаемых на каждом уровне. При этом для каждой выделенной задачи определяется порог сложности и сравнивается с полной энтропией ее решения. Если  $\mathcal{E}_{III_i}^n < \mathcal{E}_I^n$ , то увеличивают число задач и вновь проводят сравнение. Если  $\mathcal{E}_{III_i}^n$  сильно превышает  $\mathcal{E}_I^n$ , то уменьшают число задач этого уровня. В конечном счете оптимальная декомпозиция достигается при условии, когда для всех  $\mathcal{E}_{n_i}^n \in \mathcal{E}_n^n$  значения  $\mathcal{E}_{n_i}^n$  и  $\mathcal{E}_{III_i}^n$  становятся близкими.

Представим этот процесс в виде операторно отображения:

$$L : [\mathcal{E}_n, \{\mathcal{E}_{III_i}^n\}] \rightarrow [N, I]. \quad (3)$$

Выражение (3) и условия (1), (2) представляют собой один из конструктивных вариантов формального представления принципа последовательного разрешения неопределенности в процессе принятия решений. Изложенная теоретическая схема может служить основой для анализа и классификации решений, принимаемых в процессе управления организацией в интересах создания схем поддержки решений и систем математических моделей управляемого процесса, а также для обеспечения процедуры выбора рациональной конфигурации ИТ.

Рассмотренный процесс декомпозиции решения может быть распространен на весь процесс управления иерархическими организационными структурами. Структура организации может рассматриваться как декомпозиция общей проблемы управления на отдельные задачи, решаемые последовательно и параллельно в звеньях иерархии. Принцип последовательного разрешения неопределенности и его формальная процедура (3) – это не только ключ к пониманию принципов построения иерархических систем управления, но и конструктивная идея для создания объективных количественных методов синтеза иерархических организационных систем.

Как мы уже выяснили, строение организации определяется ее предназначением, целями, механизмом функционирования, неопределенностью внутренних и внешних условий деятельности, а также допустимым циклом управления, т.е. в нашей терминологии величиной полной энтропии решений, принимаемых в цикле управления, и временем, выделенным на принятие этих решений. В качестве нормирующего параметра, определяющего структуру организации, выступает порог сложности. В такой постановке задача синтеза

структуры организации может быть сведена к процедуре декомпозиции процесса принятия решений (3), которую необходимо дополнить ограничениями по циклу управления и качеству принимаемых решений. В каждом конкретном случае эта задача может дополняться различными условиями и ограничениями.

Принцип последовательного разрешения неопределенности наглядно реализуется в процедуре синтеза иерархической структуры организации. Эту процедуру можно представить в виде последовательного решения следующих задач:

- определение назначения и целей создаваемой организации с учетом имеющихся ресурсов, оценки текущей ситуации и прогноза ее изменения;
- разработка стратегии достижения целей и построение иерархии решаемых последовательно и параллельно задач, реализующих выбранную стратегию;
- формирование требований к организации, способной реализовать выбранную стратегию и соответствующий ей перечень задач;
- разработка в соответствии с выработанными требованиями структуры и механизма функционирования (технологической производственной базы) организации, предназначенного для решения всего комплекса задач, определенных в стратегии;
- оценка выполнимости задач по ресурсам, времени и условиям.

Если какая-либо задача невыполнима, производится корректировка целей с учетом оценки возможности их реализации. Далее разрабатываются новая стратегия, перечень задач и т.д.

Этот итеративный процесс продолжается до тех пор, пока будут найдены достижимые цели, стратегия, перечень и структура решаемых задач и определена организация, способная их реализовать. Представленная процедура предшествует созданию любой организации от маленькой фирмы до гигантской корпорации.

Совершенствование существующих организаций происходит по той же схеме. Высшее руководство должно постоянно отслеживать изменение внешних и внутренних условий жизнедеятельности организации и своевременно реагировать на них путем пересмотра стратегии. Например, периодическая замена основного капитала предприятия требует и существенной реконструкции системы управления.

Когда этот процесс завершен, сформирована структура и механизм функционирования производственной базы, определены задачи всех

ее исполнительных элементов и частей, можно приступать к созданию иерархической структуры управления.

Каким же критериям должна отвечать эффективная система управления? Традиционно в качестве таких критериев принимаются наиболее общие показатели эффективности деятельности организации как целого. Например, для субъектов народного хозяйства это может быть рост доходов, снижение производственных издержек и т.п. Однако эти критерии не вписываются в контекст представленных выше процедур, предшествующих синтезу системы управления. Эффективность организации определяется, прежде всего, выбранной стратегией, соответствующими ей задачами. Иерархическая система управления должна обеспечить эффективную работу по решению сформулированных в стратегии задач организации. Это значит, что критерием эффективности всех элементов и частей иерархической структуры системы управления является их способность организовать работу подведомственных подразделений организаций по решению поставленных задач. Если стратегия и реализующие ее задачи выбраны неверно, то никакая самая совершенная управленческая структура не сможет обеспечить эффективную деятельность организации.

Введенное понятие «порог сложности» позволяет корректно сформулировать критерии и формальную постановку задачи синтеза иерархических структур управления социально-экономическими организациями.

Пусть  $\Gamma\{\gamma, i\}$  – граф, отображающий структуру системы управления, и известна функция

$$\tau = \tau(\Gamma\{\gamma, i\}, \dot{Y}_p, \{\dot{Y}_{p_{nopi}}^\gamma\}, \chi). \quad (4)$$

Требуется найти такой граф  $\Gamma\{\gamma, i\}$ , при котором достигается минимум функции (4) при условии, что  $\chi \geq \chi_{don}$  (или  $\sup \mathcal{E}_{ocm} \leq \mathcal{E}_{ocm_{don}}$ ) и выполняются условия:

$$\sum_i^I \mathcal{E}_{p_{nopi}}^\gamma \geq \mathcal{E}_p^\gamma = \sum_{i=1, \overline{I}}^I \mathcal{E}_{p_i}^\gamma, \mathcal{E}_{p_{nop}}^\gamma \geq \mathcal{E}_{p_i}^\gamma; \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_p = \sum_\gamma^\Gamma \mathcal{E}_p^\gamma \leq \mathcal{E}_{p_{nop}}, \quad (6)$$

где  $\chi_{don}$  – допустимое качество решения проблемы управления в целом;  $\mathcal{E}_{ocm_{don}}$  – допустимая степень разрешения неопределенности проблемы управления объективными методами;  $i$  – номер последовательно решаемой задачи на  $\gamma - m$  этапе принятия решения;  $I$  – число таких задач;  $\mathcal{E}_p^\gamma$  – априорная энтропия  $\gamma - go$  этапа принятия решения;  $\mathcal{E}_{p_i}^\gamma$  – априорная энтропия задачи  $i$  этапа  $\gamma$  принятия решения;

$\mathcal{E}_{пор}^\gamma$  – порог сложности;  $\tau$  – цикл управления системой.

Если цикл управления системой  $\tau$  задан априори или определен технологией функционирования организации, то задача синтеза иерархической системы управления формулируется так.

Найти структуру управления

$$\Gamma\{\gamma, i\} = \Gamma(\tau, \mathcal{E}_p, \{\mathcal{E}_{пор}^\gamma\}, \mathcal{X}), \quad (7)$$

удовлетворяющую условиям (5) и (6).

Сформулированные в общем виде задачи синтеза структуры управления организацией в каждом конкретном случае будут дополнены различными условиями и ограничениями, однако их существование должно измениться.

### Заключение

Синтез структуры управления социально-экономическими организациями – сложнейшая и еще не решенная проблема. Основная трудность заключена в отыскании вида функций (4), (7) и порога сложности частных задач управления.

Процесс синтеза иерархической системы управления не может быть описан никакой детерминированной схемой глобальной оптимизации. Это означает, что функции (4) и (7) представляют собой алгоритмически заданные итеративные про-

цедуры построения структуры управления организацией с возможным участием человека в процессе ее синтеза.

### Литература

1. Цыгичко В. Н. Руководителю о принятии решений / Предисл. В.А. Лефевра. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: КРАСАНД. 2010. 352 с.
2. Ahl V., Allen T. F. H. Hierarchy Theory. New York: Columbia University Press. 1996. 208 p.
3. Beckman M. J. Tinbergen Lectures on Organization Theory. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1983.
4. Brickley J., Smith C., Zimmerman J., Willett J. Designing Organizations to Create Value: From Strategy to Structure. New York: McGraw-Hill. 2002. 320 p.
5. Burton R. M., DeSanctis G., Obel B. Organizational Design: A Step-by-Step Approach. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press. 2006. 252 p.
6. Chandler A. D., Sayles L. R. Managing Large Systems. New York: Harper & Row. 1971. 332 p.
7. Hart O., Moore J. On the Design of Hierarchies: Coordination versus Specialization // Journal of Political Economy. Vol. 113, 2005.
8. March J. G., Simon H. A. Organizations. New York: John Wiley and Sons. 1958. 262 p.

**Цыгичко Виталий Николаевич.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник. Доктор технических наук, профессор. Количество печатных работ: более 200 (в т.ч. 10 монографий). Область научных интересов: математическое моделирование социально-экономических процессов, теория принятия решений, системный анализ. E-mail: vtsygichko@inbox.ru

## Synthesis of hierarchical structures of management of organizations

V.N. Tsygichko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center "Computer Sciences and Control",  
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** The article presents a new paradigm for the synthesis of the hierarchical structure of management of socio-economic organizations. A structure-forming parameter – the threshold of complexity – is proposed that characterizes a person's ability to make decisions under conditions of uncertainty in a limited time. A formal statement of the problem of synthesis of hierarchical control systems is given.

**Keywords:** *organization, management, hierarchical structure, synthesis, threshold of complexity.*

**DOI:** 10.14357/20790279210202

### References

1. *Tsygichko V.N.* Rukovoditel'nyy o prinyatee reshenii / Predisl. V.A. Lefevr. Izd.3-e, pererab. i dop. M.: KRASAND. 2010. 352 p.
2. *Ahl V., Allen T. F. H.* Hierarchy Theory. New York: Columbia University Press. 1996. 208 p.
3. *Beckman M. J.* Tinbergen Lectures on Organization Theory. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1983.
4. *Brickley J., Smith C., Zimmerman J., Willett J.* Designing Organizations to Create Value: From Strategy to Structure. New York: McGraw-Hill. 2002. 320 p.
5. *Burton R. M., DeSanctis G., Obel B.* Organizational Design: A Step-by-Step Approach. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press. 2006. 252 p.
6. *Chandler A. D., Sayles L. R.* Managing Large Systems. New York: Harper & Row. 1971. 332 p.
7. *Hart O., Moore J.* On the Design of Hierarchies: Coordination versus Specialization // Journal of Political Economy. Vol. 113. 2005.
8. *March J. G., Simon H. A.* Organizations. New York: John Wiley and Sons. 1958. 262 p.

**Tsygichko V.N.** Professor. Federal Research Center "Computer Sciences and Control", Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 44/2 Vavilova str., Moscow, 19333, Russia. E-mail: vtsygichko@inbox.ru