

МНОГОУРОВНЕВЫЕ ИЕРАРХИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ЦЕЛОСТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ИССЛЕДУЕМОЙ ИЛИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЕ

ВИОЛЕТТА НИКОЛАЕВНА ВОЛКОВА (ORCID 0000-0001-9658-5135)¹,
АЛЕКСАНДРА ВИКТОРОВНА ЛОГИНОВА (ORCID 0000-0002-7783-7795)¹

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Аннотация. Рассматривается проблема сохранения целостности при декомпозиции сложной системы, разделении её на более обозримые составляющие, лучше поддающиеся осмыслению и моделированию. Принцип сохранения целостности системы при разделении её на составляющие является одним из основных принципов системного анализа. Реализация данного принципа позволяет работать на различных уровнях моделей сложных систем, сохраняя при этом связь с общими целями системы посредством использования методов теории систем. Традиционными являются методы, с помощью которых выполняется построение древовидной иерархической структуры, отражающей связи между элементами системы. Но недостатком иерархической структуры является то, что горизонтальные связи в ней «разрываются», поскольку компоненты одного уровня находятся в состоянии «соперничества». Поэтому предлагается применять стратифицированные модели.

Ключевые слова: система, системный анализ, структура, структура, теория систем, целостность.

Одним из основных принципов системного анализа, помогающих исследовать проблемы с большой начальной неопределенностью, является принцип расчленения сложной системы на более обозримые составляющие, лучше поддающиеся осмыслению и моделированию. Сложность состоит в том, чтобы при подобном разделении системе не утратить целостное представление о ней.

Образно эту идею можно проиллюстрировать цитатой из И.В. Гёте, приведенной в работе [1]: «Живой предмет желая изучить, чтоб ясное о нем познание получить, учёный прежде душу изымает, затем предмет на части расчленяет, – и видит их. Да жаль, духовная их связь тем временем исчезла, унеслась».

Abstract. The problem of preserving the integrity of a complex system during the procedure of decomposition, dividing into more observable components that can be better understood and modeled, is considered. The concept of preserving the integrity of the system when dividing it into components is one of the basic principles of the system analysis. The implementation of this fundamental allows to work at different levels of models of complex systems, while maintaining a connection with the overall objectives of the system through the application of system theory methods. Traditionally the group of methods for the construction of a tree-visible hierarchical structure reflecting the connections between the elements of the system is used. However, the lack of a hierarchical structure is that the horizontal links in it are “broken”, since the components of the same level are in a state of “rivalry”. Therefore, it is proposed to apply stratified models.

Keywords: system, system analysis, stratum, structure, systems theory, integrity.

В первой методике системного анализа ПАТТЕРН (англ. PATTERN – шаблон, образец, прицел; аббревиатура PATTERN – Planning Assistance Through Technical Evaluation from Relevance Number (помощь планированию посредством относительных показателей технической оценки)) такое «расчленение» генеральной задачи предлагалось делать путем построения древовидной иерархической структуры – «дерева целей», – и распределять полученные подцели и проблемы между научными коллективами, способными эти проблемы исследовать.

При управлении проектированием сложных изделий для сохранения целостности процессов на стадиях научно-

исследовательских, проектных и опытно-конструкторских работ с самого начала применения теории систем и системного анализа методика исследования и проектирования представляли в виде последовательности этапов. Этот опыт был перенесен на исследование систем организационного управления предприятиями, а также на управление разработкой и внедрением информационных систем. Вместе с тем для подобных объектов этапы выполнения проектных работ чаще всего не могут быть описаны простой линейной последовательностью событий, т.е. не могут быть представлены в виде направленного графа. Такие структуры представляли собой произвольные графы с развилками и обратными связями, в которых этапы располагались либо горизонтально, либо вертикально по аналогии с форматами, принятыми в теории алгоритмизации и программирования, но без строго соблюдения правил оформления алгоритмов [напр., 2, 3].

По мере усложнения технических комплексов и организационно-управляющих систем стали предлагаться новые формы представления структур организации проектных работ. Например, было предложено представить структуру в форме двумерной матрицы [2].

В теории иерархических систем **М. Месаровича** описывались структуры типа «страт», «слоев», «эшелонов». Стратифицированное представление системы предполагает, что система задается семейством моделей. Каждая из таких моделей описывает поведение системы с точки зрения соответствующего уровня абстрагирования («страты»). Подобный подход позволяет решить проблему поиска компромисса между сохранением целостного представления о сложной системе и детализацией описания её компонент [4].

Простейший пример стратифицированного описания системы, приведенный в [4], представлял собой отображение ЭВМ в виде двух страт: страты *физических* операций (на нижнем уровне) и страты *математических*

и логических операций (на верхнем уровне).

В стратифицированном виде можно представить и проблему моделирования текста: буквы → слова → предложения → абзацы → текст. При этом могут быть введены правила преобразования элементов одного уровня в другой (синтеза или, наоборот, «разборки» текста). Такие правила используются при создании систем аналитико-синтетической обработки текстов, при разработке языков моделирования и систем автоматизации проектирования.

Другим примером стратифицированного описания системы, предложенным в период становления теории систем в нашей стране, может служить пример из работы **Ю.И. Черняка** [5], выделившего уровни абстрагирования, на которых последовательно работают проектировщики системы: от философского (теоретико-познавательного) описания, т.е. замысла системы, до её материального воплощения. Такое представление помогает понять, что одну и ту же систему на разных стадиях познания и проектирования следует описывать различными средствами, на разных «языках»: *философском или теоретико-познавательном* – вербальное описание замысла, концепции; *научно-исследовательском* – в форме моделей разного рода, помогающих глубже понять и раскрыть замысел системы; *проектном* – техническое задание и технический проект, для разработки и представления которого могут понадобиться математические расчеты, принципиальные схемы; *конструкторском* – конструкторские чертежи и сопровождающая их документация; *технологическом* – технологические карты, стандарты и другая технологическая документация; *материальное воплощение, реализация* системы – детали, блоки, собранное изделие или созданная система, принципы функционирования которой отражены в соответствующей нормативно-технической и нормативно-методической документации (инструкциях по эксплуатации, положениях и т.п.).

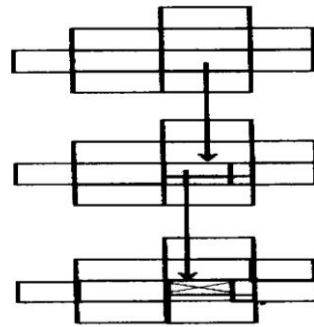


Рис. 1 Стратифицированное представление системы Ф.Е. Темникова /
The stratified representation of a system proposed by F. E. Temnikov

Источник: [7, с. 53]

Стратифицированное представление можно использовать как средство последовательного углубления знаний о системе: движение *сверху вниз* по иерархии страт позволяет детализировать свойства компонент системы; в то время как перемещение по стратам *снизу вверх* делает более ясным смысл и значение всей системы. При этом объяснить назначение системы в целом, зная только свойства элементов нижних страт, в сложных системах практически невозможно. Например, как отмечали в работе [6] *Р. Акофф* и *Ф. Эмери*, изучение строения и свойств отдельных органов человеческого тела не позволит понять, как функционирует организм в целом, а тем более – не даст представление о том, чем является человек как социально-биологическая система. С другой стороны, чтобы правильно понять и реализовать общий замысел системы, необходимо реализовать нижележащие страты.

Идею детализации системы на каждом последующем уровне *Ф.Е. Темников* иллюстрировал так, как показано на рис. 1, хотя термин *страты* в тот период не использовался.

Начинать изучение системы можно со страты любого уровня. В процессе исследования могут добавляться новые страты, может изменяться и сам подход к выделению страт. На каждой страте может использоваться свой язык описания и моделирования, но система сохраняется до тех пор, пока не изменяется представление на верхней страте – её концепция, замысел. Данный замысел нужно стремиться не ис-

казать при раскрытии свойств системы на каждой последующей страте.

При представлении системы управлением предприятием страты могут соответствовать сложившимся уровням: 1) управление *технологическими* процессами (собственно производственным процессом) или *обслуживанием*, которые являются объектом управления (ОБУ) и 2) *система организационного управления* (СОУ) предприятием. Эти сферы можно было бы разместить в модели параллельно, структурировать их подцели и задачи и получить древовидную иерархическую структуру целей и функций. Но в иерархической структуре практически утрачивается связь между компонентами одного уровня, в то же время не утратить горизонтальные связи возможно в структурах типа «страт» и «эшелонов» М. Месаровича.

Стратифицированное представление применялось при формировании структуры функциональной части Автоматизированной системы управления (ФЧ АСУ) Волжского автозавода, когда число подсистем стало слишком большим, чтобы формировать привычные древовидные структуры ФЧ АСУ [7].

При определении страт можно использовать разные принципы. Например, на основе определения системы, реализующего системно-целевой подход [8], в котором объект не «расчленяется» на элементы, т. е. не разрушается, а представляется в виде укрупненных компонент:

$$S_{def} \equiv \langle Z, STR, TECH, COND, N \rangle,$$

где $Z = \{z\}$ – совокупность или структура

целей; $STR = \{STR_{пр}, STR_{орг}, \dots\}$ – совокупность структур, реализующих цели (например, для социально-экономической организации: $STR_{пр}$ – производственная, $STR_{орг}$ – организационная и т. п.); $TECH = \{meth, means, alg, \dots\}$ – технологии (методы $meth$, средства $means$, алгоритмы alg и т. п.), реализующие систему, обеспечивающие ее существование и функционирование; $COND = \{\Phi_{ex}, \Phi_{in}\}$ – условия существования системы, т. е. факторы, влияющие на ее создание и функционирование (Φ_{ex} – внешние, Φ_{in} – внутренние); N – «наблюдатели», т. е. лица, принимающие и исполняющие решения, осуществляющие структуризацию целей, корректировку структур, выбор методов и

средств моделирования и т. п. Определение может быть дополнено компонентами «среда» SR и «временной интервал» Δt .

Это определение помогает начать исследование сложного объекта, сохраняя его целостность. Например, на основе этого определения разработана структура информационно-управляющего комплекса организации (см. рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье обоснована полезность стратифицированного представления сложных систем для сохранения целостного представления о них при их декомпозиции в процессе исследования или проектирования.



Рис. 2 Стратифицированная структура информационно-управляющего комплекса /
The stratified structure of the information and control complex

Источник: [8]

Список источников

1. Волкова В.Н. Теория систем: Вводная лекция. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2013. 32 с.
2. Волкова В.Н. Разработка и развитие систем управления предприятиями и организациями в условиях многоукладной экономики: Теория, методы, модели. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. докт. экон. наук по спец. 05.13.10 Управление в социальных и экономических системах. СПб.: СПбУиЭФ, 1993. 32 с.
3. Валуев С.А. Организационное обеспечение систем управления научными исследованиями вуза: моногр. М.: Высшая школа, 1983. 112 с.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с.
5. Черняк Ю. И. Системный анализ в управлении экономикой. М.: Экономика, 1975. 191 с.
6. Акофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах: пер. с англ. М: Сов.радио, 1974. 272 с.
7. Совершенствование структур функциональной части АСУ автомобильным производством / В.И. Тихонов и др. Тольятти: Филиал ЦНИИТЭИ Автопрома, 1988. 72 с
8. Волкова В.Н. Развитие определения системы. Системный анализ в проектировании и управлении: Материал международ. научно-практич. конф. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2001. с. 12–14.