

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Существует достаточно много определений понятия «система», главная особенность которых состоит в стремлении авторов подчеркнуть некоторые существенные свойства систем как объектов материального мира.

Система - целостное, органично единое образование, состоящее из множества элементов, находящихся в отношениях или связях друг с другом.

Элемент - простейшая неделимая часть системы, отвечающая предельно детальному рассмотрению системы в рамках решаемой задачи.

Целостность - важнейшая характеристика системы, которая проявляется в том, что в процессе взаимодействия элементов, входящих в состав системы, появляется принципиально новое качество, свойство, которым не обладает ни один из входящих в систему элементов.

Свойство - сторона любого объекта, обуславливающая его отличие или сходство по отношению к другим объектам и проявляющаяся при его взаимодействии с другими объектами.

Качество - свойство или совокупность существенных свойств объекта, определяющих его пригодность для использования по назначению.

Целевое назначение системы (цель системы) - желаемый и потенциально достижимый результат, который может быть получен в процессе функционирования системы.

Эффективность системы - степень соответствия фактического или ожидаемого результата (исхода) процесса функционирования системы желаемому, т. е. степень соответствия цели системы.

Состояние системы - совокупность существенных свойств (параметров, характеристик), присущих системе в данный момент времени.

Структура - описание совокупности элементов (состав системы) и наиболее устойчивых связей (взаимосвязей) между ними (часто без отображения свойств и состояний элементов и связей).

Используются также понятия формальной и материальной структур.

Формальная структура определяет совокупность функциональных элементов (определенных как некоторые функции, преобразующие состояния) вместе с их взаимосвязями, необходимую и достаточную для достижения системой поставленных целей.

Материальная структура определяет конкретную совокупность реальных (физических) элементов системы и взаимосвязи между ними. При реализации системы осуществляется наложение формальной структуры на материальную структуру, которое и определяет так называемую «амальгированную» структуру, или просто структуру системы. Подобное наложение носит неоднозначный характер, так как распределение выполняемых в рамках формальной структуры функций по физическим элементам материальной структуры системы может осуществляться различным образом.

Связь - отношение между элементами системы, фиксирующее ограничение их степени свободы, проявляющееся в утрачивании ряда свойств, которыми они потенциально обладают будучи свободными (автономными), и одновременно обеспечивающее сохранение структуры и целостности системы (т. е. проявление новых свойств, присущих системе в целом).

Взаимодействие систем между собой или элементов систем в рамках одной системы - взаимное влияние, приводящее к некоторым существенным изменениям в их со- стояниях (энергетическим, химическим, физическим и т. п.).

Здесь следует отметить, что понятия связи и взаимодействия в определенном смысле идентичны, тем не менее, могут отражать различные аспекты отношений между объектами: связь в большей степени направлена на отражение структурных характеристик системы в статике, тогда как понятие взаимодействие часто используется для описания изменения свойств, имеющего определенную динамику.

Процесс - совокупность последовательных изменений состояния системы, обеспечивающая достижение цели.

Декомпозиция - разъединение системы на части в интересах ее исследования или проектирования с последовательным самостоятельным рассмотрением этих частей.

Подсистема - относительно независимая часть системы, объединяющая элементы, выделенные при декомпозиции, и реализующая выполнение некой функции (подцели, функциональной операции), обеспечивающей достижение общей цели системы.

Названием «подсистема» в этом определении подчеркивается, что выделяемая часть сама обладает основными чертами системы и, прежде всего, целостностью, а также наличием своей цели, являющейся подцелью по отношению к цели исходной системы.

Важнейшим понятием для исследования систем является также понятие «внешняя среда».

Внешняя среда - совокупность элементов (объектов) естественного или искусственного происхождения, не входящих в состав системы, но оказывающих на нее определенное воздействие и определяющих существенные условия ее функционирования.

Выделение внешней среды для рассматриваемой системы является весьма важной процедурой, так как избыточность или недостаточность в описании внешней среды мешают правильному пониманию сущности системы и адекватному анализу ее свойств.

Для теории систем весьма важным является понятие *сложности системы*. Существует ряд подходов к разделению систем на простые и сложные: по количеству входящих в них элементов; по сложности выполняемых функций; по возможности формализованного описания поведения систем и т. п. В частности, академик А. И. Берг определял сложную систему как объект, который можно адекватно описать не менее,

чем на двух математических языках (например, с помощью аппарата дифференциальных уравнений и аппарата булевой алгебры). Иначе говорят, что такой объект обладает «гибридным поведением». Очень часто сложную систему определяют как систему, которую вообще нельзя корректно описать математически в силу наличия в ней большого количества элементов, связанных неизвестным образом, и/или наличия неопределенностей относительно протекающих в системе процессов и явлений [1]. Для простой системы, напротив, характерна возможность корректного и законченного описания в рамках единого математического аппарата, что позволяет получить аналитические или численные решения, определяющие ее свойства. Будем далее использовать следующее определение.

Сложной системой будем называть такую систему, которой присущи следующие признаки:

- целевое назначение носит многоаспектный, многофункциональный, а часто и плохо формализованный характер;
- значительное количество разнородных элементов, взаимодействующих друг с другом «непростым» образом;
- состоит из достаточно самостоятельных подсистем, объединяющих элементы, имеющих свое целевое назначение и решающих свои задачи;
- присутствует большое количество случайных и не случайных факторов, влияющих на достижение цели системы, воздействие внешней среды трудно предсказуемо, а ее элементы в полном объеме выделены быть не могут и всегда остаются неучтенные воздействия;
- отсутствует единое формализованное описание системы и требуется использование разнородных «языков» формализованного описания, отражающих различные аспекты ее представления и поведения.

Помимо этого в литературе используется термин *большая система*. При этом во многих случаях термины «сложная» и «большая система» используются как синонимы. В ряде источников под термином «большая система» понимают системы, имеющие значительное число элементов (чисто количественный аспект) [2]. Мы остановимся на следующем определении.

Большой системой будем называть пространственно распределенное сообщество взаимосвязанных сложных подсистем, обладающих определенной степенью автономности, объединенных между собой энергетическими, материальными и информационными связями для обеспечения целенаправленного функционирования как единой системы и использующих человека в процессе организации и управления этими подсистемами и системой в целом.

С понятиями сложной и большой систем тесно связано понятие иерархии.

Иерархия - расположение частей и элементов целого в порядке от «высшего к низшему». При иерархическом описании сложных систем применяются различные способы [9]. Во всех них используется понятие «уровень иерархии», имеющее различный смысл в зависимости от способа

описания. Существуют три основных типа иерархии:

- 1) на основе выделения страт - уровней абстрагирования (аспектов) при описании системы;
- 2) на основе выделения слоев - уровней сложности принимаемых решений при достижении глобальной цели;
- 3) на основе выделения эшелонов или уровней в организационной структуре системы, имеющей четко выделенные семейства управляющих и подчиненных элементов.

При рассмотрении вопросов синтеза и анализа сложных систем обычно проводится их декомпозиция или, как еще часто говорят, структуризация на системы низшего уровня, которые и называют подсистемами и которые, в свою очередь, обладают функциональной целостностью, выполняя определенные операции, обеспечивающие достижение общей цели. Дальнейшая декомпозиция подсистем приводит к образованию многоуровневой иерархии, которая предполагает не только разделение систем, подсистем на части, но и использование различных аспектов описания системы, понимания ее как объекта материального мира. Подобную декомпозицию, предполагающую последовательное выделение составных частей системы, реализующих необходимый спектр функций (функциональных операций) как выделенных частей деятельности системы, будем называть *структурно-функциональной декомпозицией*.

Обобщая введенные понятия, можно сделать вывод, что любая система определяется тремя основными категориями: элементы, отношения, свойства. Однозначное и полное задание (описание) этих категорий фактически определяет систему: ее целевое назначение, структуру, качества. Рассмотрение способов формализованного описания систем однозначно связано с понятием модели.

Модель - это объект-заменитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение наиболее существенных в интересующем нас аспекте свойств оригинала и, наоборот, позволяющий абстрагироваться от его несущественных в рамках данного рассмотрения свойств. Как правило, объект-заменитель представляет собой формализованное в рамках некоторого языка (например, математического) описание системы. Иногда в этом плане употребляют термин *модель функционирования*, который обозначает модель, обеспечивающую предсказание изменения состояний системы во времени, т. е. ориентированную на описание динамики ее функционирования как процесса.

При формализации описания систем (элементов систем) и вообще при реализации любого способа моделирования различают два подхода: *структурный*, в рамках которого сосредотачиваются на анализе и воспроизведении в модели внутренних свойств и состояний системы; *функциональный*, при котором сосредотачиваются на изучении и воспроизведении внешних проявлений системы как преобразователя «вход-выход», а сама система при этом рассматривается как «черный ящик». В дальнейшем изложении мы будем стараться различать эти две ситуации.

Вопросы для самоконтроля:

1. Сформулируйте основные отличия простых и сложных систем, а также процессов управления в простых и сложных системах.
2. Назовите три основных типа иерархии
3. Дайте понятия формальной и материальной структур.

Используемая литература:

1. Острейковский В. А. Теория систем. М.: Высшая школа, 1997. 240 с.
2. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 2001. 275 с.
3. Шрейдер Ю. А., Шаров А. А. Системы и модели. М.: Радио и связь, 1982. 152 с.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1978. 311 с.