

Тема 3: «ВВЕДЕНИЕ В СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ»

ЛЗ №2. «ТЕОРИЯ ЦИКЛОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ»

ВОПРОСЫ

1. Основные теоретические положения теории циклов СА объектов
2. Основные практические положения теории циклов СА объектов
 - 2.1. Основы методического подхода циклического анализа систем
 - 2.1 Принципы анализа систем
 - 2.2. Категории анализа систем

Литература

1. Спицнадель В. Н. Основы системного анализа: Учебное пособие – Санкт-Петербург, «Издательский дом «Бизнес-пресса», 2000 – 208 с.
2. Антонов А.В. Системный анализ: Учебное пособие для вузов. – М., Высшая школа, 2004. – 454 с.
3. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Учебное пособие. – М., Финансы и статистика, 2002.
4. Мистров Л.Е., Сербулов Ю.С. Методологические основы синтеза информационно-обеспечивающих функциональных организационно-технических систем. – Воронеж, Научная книга, 2008. – 232 с.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ЦИКЛОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ

Исследование объектов на всех этапах жизненного цикла осуществляется циклически от достигнутого уровня знаний о нем. Знания об объекте являются функцией параметров уровня развития науки, техники и технологий. Поэтому анализ объектов представляет циклический процесс, в котором понятие цикла несет несколько смысловых нагрузок и отражает:

- законченность определенного процесса исследований результатом;
 - повторяемость определенных процессов исследования;
 - передачу системогенетической информации, «памяти» от одного цикла результатов к другому;
- замкнутость, упорядоченности составных частей процесса.

Цикл - повторяющийся законченный замкнутый процесс, переводящий цель, замысел в определенный результат, предмет (объект) потребности.

Цикличность анализа является отражением закона системного времени, определяет масштабность «собственного» времени исследования объекта. Издревле человечество пользовалось двумя различными понятиями времени: колесо и стрела времени. В этой символике отражалось понимание аспектов времени: цикличности и направленности. Их сочетание формирует винтовую структуру временных зависимостей информационного представления исследований объектов. Цикл характеризуется повторяемостью за определенный промежуток времени взаимосвязанных стадий исследования объекта

Теория циклов - теория, исследующая закономерности в формировании структуры циклов в процессах исследования различного типа систем. Это определяет теоретическую направленность теории циклов и присутствие ее элементов с соответствующими интерпретациями применительно к различным объектам исследований.

Теория циклов представляет научное направление, осуществляющее синтез научных знаний с позиций исследования временных закономерностей развития систем, начиная с формирования постановки задачи и заканчивая снятием с производства. Для ее реализации требуется осуществление взаимосвязи различных дисциплин при исследовании объекта, обеспечивающих междисциплинарный анализ или комплексный подход для получения всестороннего знания об объекте.

Целевая ориентация понятия «цикла» является отражением **функционального аспекта качества** исследуемых объектов. Она отражает запрограммированность цикла, обусловленную системогенетической информацией от предыдущих систем и циклов, взаимообусловленную причинность протекающих процессов. Ориентированность на **конечный результат цикла** составляет содержание принципа целевого подхода к построению.

Время цикла – характеристика, определяющая временную масштабность цикла: временную структуру и «временной спектр» процессов,

Системный анализ объектов предполагает:

- 1) отражение объекта с разных сторон (точек зрения) и свойств на различных уровнях – представляется в виде взаимосвязанных нескольких описаний, включая структурное (морфологическое), функциональное, параметрическое и информационное, как основные;
- 2) наряду с разноаспектным анализом объекта рассматривается один или несколько путей решения задачи исследований, которые подлежат решению;
- 3) описание не только статических, но и динамических свойств объекта, то есть учет изменчивости (управляемости, адаптивности) его структуры и принимаемых решений с учетом характера взаимодействия с другими объектами;
- 4) исследование результатов оценки эффективности объектов, которые учитывают их специфические свойства, определяемые структурой, составом элементов и связями с внешней средой;
- 5) анализ объекта осуществляется в виде некоторой модели, имеющей идентичные с оригиналом свойства, то есть являющейся аналогом объекта.

2. ОСНОВНЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ЦИКЛОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ

2.1. Основы методического подхода циклического анализа систем

В общих чертах содержание и структуру цикла СА объекта представляется следующим образом. Первоначально, исходя из указаний руководства верхней инстанции, коллектив исследователей обосновывает проект концепции (замысла) его представления в виде системы. Концепция содержит формулировку предполагаемого назначения и выполняемых задач системой, эффективность, условия применения, состав и структуру элементов, основные характеристики, а также ограничения на создание. Принятая руководством концепция служит отправной точкой для проработки облика системы.

Исследователями начинается процесс реализации концепции, рассматривая объект в виде некоторой целостной системы, “погруженной в среду”, выявляют возможные её внешние взаимосвязи и определяют соответствующие им основные свойства и характеристики. Далее они направляют исследования вовнутрь системы, условно представляя её в виде частей. Каждая из этих частей исследуется отдельно как “черный ящик” в соответствующей среде, что позволяет выявить их внешние связи и определить свойства и характеристики. Дальнейшее рассмотрение частей во взаимодействии даёт возможность составить структуру системы и уточнить её свойства и характеристики.

Постепенное нисходящее вовнутрь системы движение анализа исследователи продолжают до достижения необходимой степени детализации ее строения. Наряду с углублением исследований в ходе разработки облика системы происходит обратное восходящее движение. Исследования возвращаются на “поверхность” системы, наполненные более конкретными представлениями об её строении, характеристиках и функционировании. Выявленные в результате такого циклического движения исследований внешние и внутренние связи, свойства и характеристики системы коллектив исследователей объединяет в группы, соответствующие той или иной её качественной стороне (назначению, задачам, функциям, составу, структуре и др.). Переходя от одной качественной стороны системы к другой, исследования коллектива экспертов как бы “скользят” по её “поверхности”. Каждая совокупность выявленных связей, свойств и характеристик системы служит основой для уточнения ранее выявленных её связей, свойств и характеристик. В результате такого поступательно-возвратного движения исследований системы как бы “поворачивается” перед исследователями последовательно каждой своей качественной стороной, вовлекая в это движение и среду. Процесс анализа идет от одного облика системы к другому, все более содержательному и конкретному. Анализ облика системы сочетается с его построением.

Таким образом, в ходе описания системы осуществляется постепенное наращивание полноты представлений об ее строении, характеристиках и функционировании.

Исследователи рассматривают систему с различных качественных сторон. Поступательно-возвратный характер исследований дополняется циклическим нисходящим и восходящим движением. Конкурирующие варианты системы уступают место целесообразным, предпочтительным. На заключительной стадии описания, заканчивающемся разработкой коллективом исследователей облика системы, выбирается наилучший в принятой Концепции вариант облика системы, в наибольшей степени соответствующий исследуемому объекту.

Для методического обеспечения исследований по формированию облика системы используется соответствующая методология исследований, адекватная содержанию и структуре, объему, конкретности и динамичности представлений о системе. Построение такой методологии базируется на системе общих принципов анализа системы.

2.2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ АНАЛИЗА СИСТЕМ

К общим принципам анализа систем относят принципы целостности, иерархии, ситуативности, смены оснований и аналогии структур.

Принцип целостности предполагает рассмотрение объекта как сложную систему взаимосвязанных и взаимодействующих процессов. Источником целостности является Концепция представления объекта в виде системы, а основу целостности составляют проводящие исследования исследователи, так как они определяют что в каком объёме включается в процесс анализа, в каких пределах и форме осуществляются исследования и представляются их результаты. Принцип предполагает выделение в анализе главного процесса, выполняющего системообразующую функцию и определяет направленность и содержание представления объекта (синтез) в виде системы. Другие процессы синтеза по отношению к главному рассматриваются как обеспечивающие.

Принцип иерархии неразрывно связан с принципом целостности и дополняет его. В соответствии с ним между процессами синтеза системы помимо отношения “целое-часть” устанавливаются отношения подчиненности “главный процесс - обеспечивающий процесс”. При этом в ходе реализации главного процесса синтеза определяются цели, данные по располагаемым ресурсам и условиям применения системы для проведения исследований в рамках обеспечивающих процессов. В свою очередь, в рамках обеспечивающих процессов обосновываются предложения по путям и средствам достижения поставленных целей в заданных ограничениях, которые затем используются при исследовании главного процесса синтеза.

Принцип ситуативности. В процессе синтеза представления об облике системы уточняются на основе последовательного рассмотрения её разных сторон. Нарастает степень детализации и конкретность облика. Каждому временному сечению синтеза системы соответствует определенная “ситуация”, образованная выбором главного процесса синтеза и обеспечивающих процессов.

Принцип смены оснований. Синтез системы включает исследования по вскрытию ее свойств и характеристик посредством анализа внешних и внутренних связей и последующего формирования облика посредством композиции функций, состава, структуры и составных частей. Принцип характеризует поочередное превращение в ходе синтеза одних факторов (свойств, состава, структуры и характеристик) системы, которые играли роль следствий других факторов (внешних и внутренних связей), в исходные формы их проявления, в причины. Такое изменение причинно-следственных отношений обуславливает поступательно-возвратный характер процесса синтеза системы.

Принцип аналогии структур предусматривает определенное совпадение структуры синтеза системы со структурой информационно-логических связей в исследованиях и их “похожесть” со структурой синтезируемой системы. На начальных стадиях формирования системы ее структура синтеза определяется структурой исследований, установленной по образцу ранее созданных систем. На конечных стадиях структура синтеза повторяет структуру системы. Принципы дают общие, первичные представления о свойствах и строении системы. Для реализации содержательного процесса построения системы помимо принципов синтеза используются понятия базовых элементов,

2.3. КАТЕГОРИИ АНАЛИЗА СИСТЕМ

Категории анализа систем представляются двумя группами. Первая из них характеризует развертывание процесса анализа во времени и отражает узловые моменты в деятельности исследователей в ходе исследований. К ней относятся циклы и этапы анализа. Вторая группа характеризует содержание анализа системы, связанное с ее качественными сторонами, включает аспекты и уровни анализа.

Стадия анализа – условно выделяемая во времени часть синтеза системы, в пределах которой достигается объем представлений об ее свойствах, характеристиках и функционировании, достаточный для принятия решения об окончании разработки облика системы или о путях его дальнейшего продолжения. **Процесс разработки облика системы включает стадии** (см. рис. 1):

- разработки концепции (замысла) создания системы;
- синтеза системы при реализуемых в заданных ограничениях (“реальном”) достижимом облике основной подсистемы (подсистемы, осуществляющей главную функцию системы) и “идеальных” (в принципе возможных) обликах подсистем, осуществляющих неосновные (обеспечивающие по отношению к главной) функции;
- синтез системы при реализуемом в заданных ограничениях облике подсистемы, осуществляющей следующую по важности после главной функцию системы и “идеальных” обликах подсистем, осуществляющих другие обеспечивающие функции. И так далее в порядке убывания важности функций подсистем;
- синтеза системы при реализуемом в заданных ограничениях ее облике в целом.

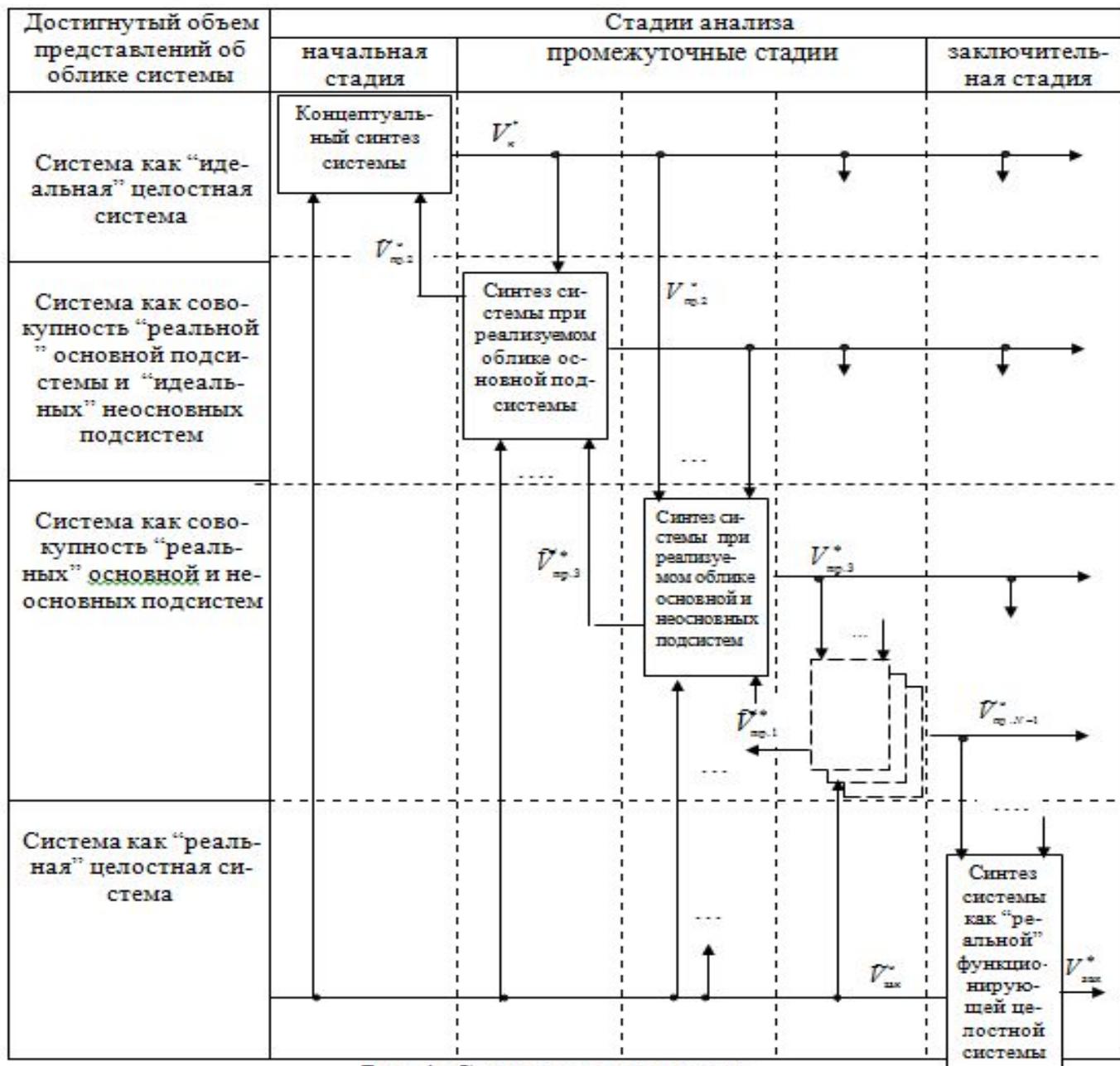


Рис. 1. Стадии анализа систем

Категория “стадия” выражает направленность исследований как в целом на синтез системы, так и на ту или иную группу ее свойств и характеристик. Каждая из ее стадий разделяется на этапы анализа. **Этап анализа** – часть разработки системы или стадии анализа, в границах которой достигается определенный уровень обоснованности фиксированной группы свойств и характеристик системы. *К этапам анализа относятся* (см. рис. 2): постановка задачи разработки облика системы; разработка альтернативных вариантов системы оценка эффективности и выбор из альтернативных вариантов системы предпочтительного; анализ устойчивости предпочтительного варианта системы при изменении слабо формализуемых (не формализуемых) факторов, дополнительно подлежащих учету. Важнейшим из этих этапов является постановка задачи, которая определяет ход исследований и их результаты. Вследствие не до конца определенных целевых установок исследователям на СА объекта, исходных данных, а также ряда других причин постановка задачи в процессе синтеза системы, как правило, подлежит уточнению.



Рис. 2. Этапы анализа систем

На начальных стадиях СА объекта на этапе выбора определяются несколько предпочтительных вариантов системы, поскольку преждевременный выбор одного варианта повышает риск создания не соответствующему объекту системы. Окончательный выбор предпочтительного варианта системы производится на заключительной стадии синтеза при достижении максимально возможной степени обоснованности представлений об её облике, соответствующая объекту.

Разработка системы всегда проводится в условиях неопределенности целей руководства, исходных данных, представлений об условиях применения и др. Не всегда удается учесть в постановке задачи и математических моделях выбора и принятия решений все факторы, влияющие на облик системы.

Поэтому на завершающем этапе синтеза необходим анализ устойчивости предпочтительного варианта системы к слабо формализуемым факторам.

Последовательность этапов синтеза составляет **цикл** разработки облика системы. В ходе синтеза системы может осуществляться несколько циклов.

Кроме того, внутри отдельных циклов могут быть циклы меньшего масштаба.

Система обладает многими качественными сторонами. Каждая из них включает набор свойств и характеристик, проявляющихся в соответствующей среде.

Поэтому при синтезе система рассматривается с различных точек зрения (аспектов). Каждому аспекту ставится в соответствие одноименный аспект, в рамках которого исследуются связи, свойства и характеристики системы, выражающие данную её сторону (см. рис. 3): функциональный, структурный и параметрический аспекты. Это обусловлено тем, что сущность функционирования объекта носит структурный характер, а строение его функционально. Поэтому функциональные и

структурные свойства объекта о выражаются в свойствах и характеристиках

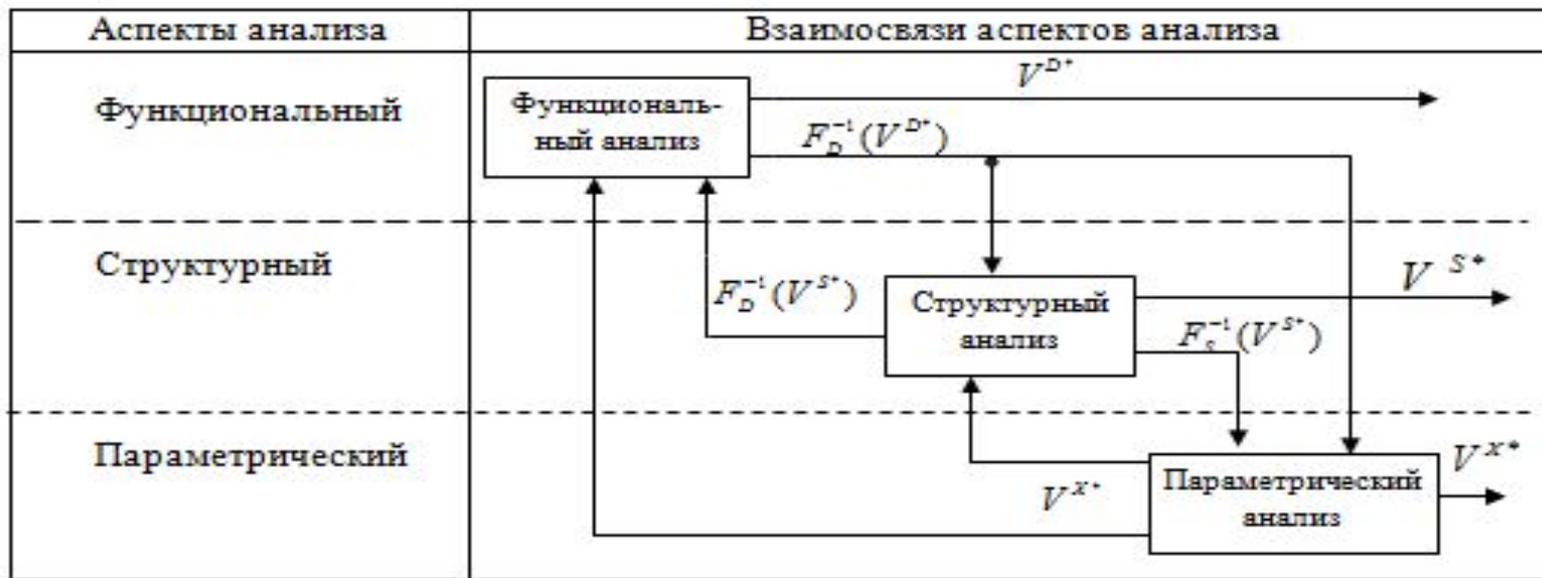


Рис. 3. Аспекты анализа систем

В рамках **функционального аспекта анализа** проводится обоснование роли и места системы среди других систем, назначения, задач, способов решения задач, определяются функции и общий порядок (принципы) функционирования. Поскольку функции системы разделяются на внешние и внутренние, то и функциональный аспект разделяется на **внешнесистемный и внутрисистемный**. Внешнесистемный аспект по отношению к внутрисистемному играет целеполагающую и интегративную роль, поскольку определяет условия, к которым должен обосновываться внутренний ее функциональный облик. Внутрисистемный аспект анализа системы по отношению к внешнесистемному имеет целесообразное значение, поскольку обоснованные в его рамках внутренние функции системы обеспечивают осуществление ею внешних функций.

Функциональный анализ системы является иерархическим, основанным на системе показателей эффективности. Для каждой подсистемы выделяются ее свойства (физические инварианты объекта), а по каждому инвариант – параметры. Значения параметров, определяющих требуемые значения эффективности (частные показатели подсистем), рассматриваются на аспекте параметрического анализа в виде некоторых функционалов от процессов, протекающих в подсистемах. Функция является реакцией системы на входные воздействия.

Функциональный анализ характеризует происходящие процессы и способы получения выходных параметров, обеспечивающих ее эффективность в конкретных условиях при заданных входных воздействиях. Он формирует в соответствии с назначением системы внешние свойства взаимодействия со средой (надсистемой) и направления возможного их изменения. В большинстве случаев функциональный анализ представляется зависимостями, выражающих связи между переменными параметрами системы, характеризующих свойства подсистем и их взаимодействие. Характер функционирования определяется взаимодействием системы с внешней средой.

Физическими инвариантами системы являются показатели качества и эффективности объекта. Получение заданных параметров обеспечивается на основе параметрического анализа протекающих в системе процессов: формированием команд управления, сбор, обобщение и анализ информации, выполнение команд элементами и т.д.

В ходе синтеза системы функциональный аспект анализа выполняет преимущественно роль главного процесса. С него начинается и им

заканчивается синтез системы

Структурный аспект анализа посвящен обоснованию состава системы, совокупности её внешних и внутренних связей, порядка и содержания взаимодействия составных частей. Он направлен на определение состава системы, совокупности ее внешних и внутренних связей, порядка и содержания взаимодействия частей. **Структурный аспект включает исследование:**

состава элементов системы; отношения элементов друг с другом и типами связей, реализующих эти отношения; отношения элементов и самой системы с надсистемой и внешней средой, типы реализуемых связей; структурные свойства системы, возникающие при объединении элементов в единое целое – систему.

Число уровней декомпозиции системы на элементы может последовательно увеличиваться в зависимости от цели решаемой задачи и роли элементов при проведении анализа. Глубина декомпозиции системы характеризуется числом уровней ее декомпозиции, на которых приводится описание структурной модели.

В общем случае один и тот же объект (система) может быть представлен разными структурами; при этом неопределенность на каждом уровне иерархии может быть раскрыта по-разному. Нижняя граница глубины анализа определяется тем уровнем, на котором условие известности и неизменности свойств элементов заканчивается, то есть они представляют законченные элементы с известными параметрами и выполняемыми функциями (внутри элементов описание не проникает).

Система включает совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих частей. Обосновать её строение, определить характер и содержание взаимосвязей, свойства и характеристики частей и системы сразу невозможно. Поэтому синтез системы подразделяется на процессы, содержание которых раскрывает категория **уровни анализа**. Внешние свойства системы проявляются при её взаимодействии с окружающими системами (в “среде”), сущность которых определяется внутренним строением системы. Свойства частей системы также проявляются в соответствующей им среде; их причина содержится в структуре более мелких составных частей. И так далее.

Нарастающая степень детализации рассмотрения системы фиксируется в иерархических уровнях описания. Этим уровням ставятся в соответствие уровни анализа системы (см. рис. 4). Самый верхний уровень является уровнем внешнесистемного, а остальные – уровни внутрисистемного анализа. На **уровне внешнесистемного анализа** система рассматривается как целостная система без раскрытия строения. На **уровнях внутрисистемного анализа** система рассматривается как совокупность взаимодействующих частей. Количество уровней внутрисистемного анализа определяется необходимой глубиной раскрытия строения объекта. Уровень внешнесистемного анализа обеспечивает обоснование свойств, характеристик и функционирования системы в целом, а также согласование свойств, характеристик и функционирования её составных частей, обоснование которых проводится на уровнях внутрисистемного анализа. С уровня внешнесистемного анализа начинается разработка облика системы, на этом уровне и завершается.

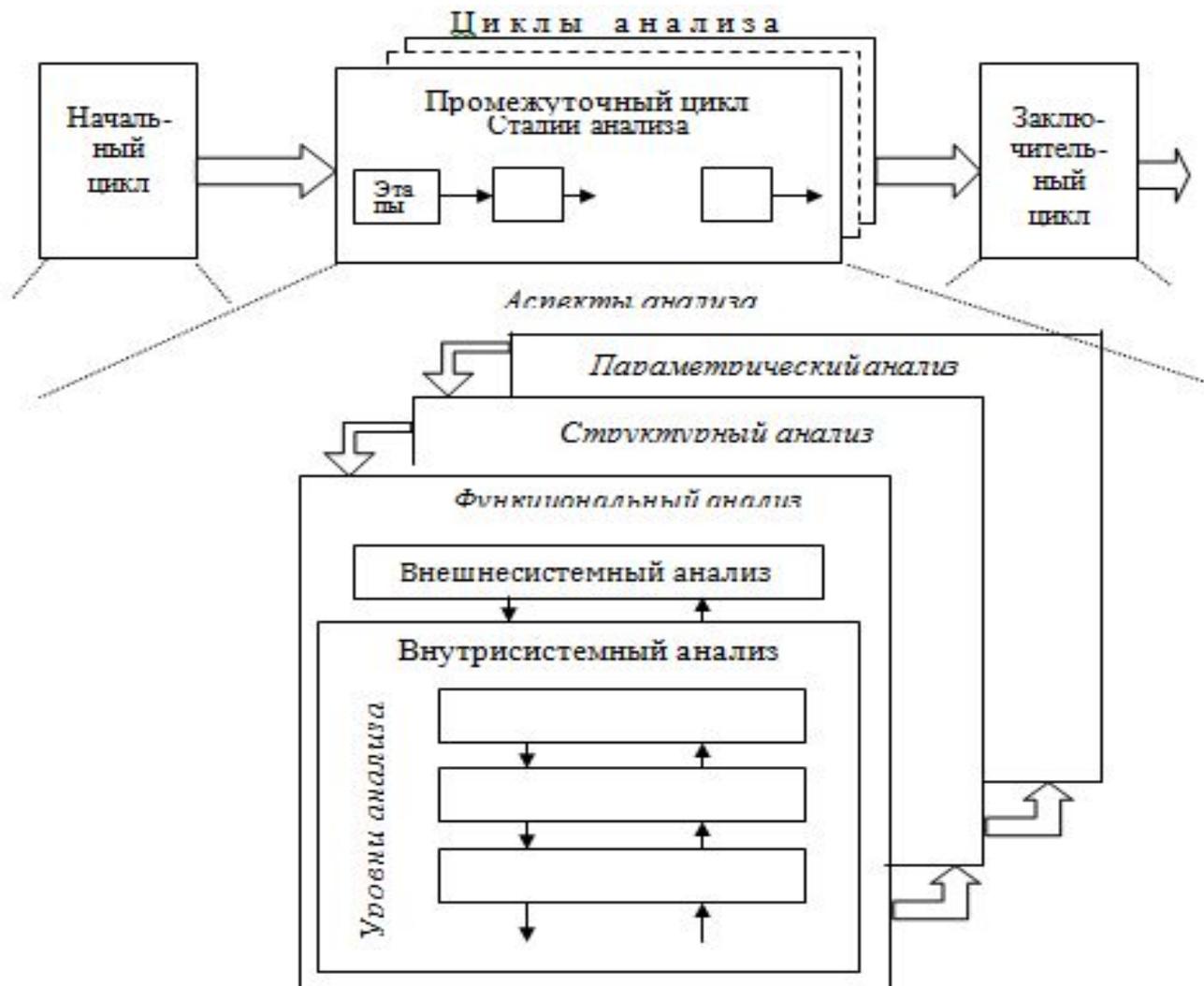


Рис. 4. Метод системного анализа объекта (фрагмент)

В ходе синтеза системы в результате многократного перехода от уровня к уровню анализа постепенно достигается необходимое соответствие между свойствами системы, её строением и функционированием, между характеристиками частей и системы в целом.

Аспекты и уровни анализа “вкладываются” друг в друга, поочередно выполняя роль главного процесса синтеза системы.

В ходе синтеза представление об облике системы изменяются. Охватывая эти подвижные представления, категории как формы синтеза упорядочивают содержание синтеза. Между категориями синтеза происходят взаимопереходы, проникновение друг в друга. Смена категорий синтеза вызывается исчерпанием возможностей количественного обоснования свойств, характеристик и функционирования системы в рамках данной формы синтеза и необходимостью их качественных изменений.

Определение характеристик системы, соответствующих выявленным в ходе функционального и структурного анализа ее свойствам, осуществляется в рамках **параметрического аспекта анализа** системы.

На практике хорошо прослеживается взаимосвязь между структурным и функциональным анализом системы. На рис. 5 приведена **общая схема построения функциональной модели анализа системы** на базе структурного описания. Работа по осуществлению функционального анализа системы обычно начинается с использованием семантического (смыслового) и логического описания порядка ее действий, назначения, цели и решаемых задач (шаги 1, 2) применительно к заданным критериям эффективности и условиям применения. При этом при разработке функциональной модели анализа, ее формализации и математизации используют частично известные формулы и зависимости (шаг 3), что отражено на рис. 5 стрелкой 3-4.



Рис. 5. Общая схема функционального анализа систем

На основе шагов 1-3 и исходного структурного представления системы формируется начальное функциональное описание (возможно, что тоже только словесное). Следующий шаг состоит в *определении ограничений (шаг 5) на элементы и процессы* в модели. Ограничения могут быть внешними (время, условия) и внутренними (ресурсы, возможности, стоимость). Ограничения определяются целью детализации и конкретизации исходного описания (обратная связь 6-4). Также обстоит дело с определением внешних характеристик (обратная связь 7-5). Определение показателей эффективности и достижения целей анализа (шаг 6) состоит не только в определении их наименования, но и методов их количественного или качественного получения с учетом внешних и внутренних ограничений.

Формирование функционала эффективности (шаг 8), объединяющего все частные показатели по отдельным параметрам, тесно связано с формализацией функционального описания анализа (шаг 3). Оно сопровождается уточнением показателей (связь 8-6), а также детализацией и конкретизацией исходного описания (связь 8-4).

На основе обоснования функционала эффективности устанавливается функциональная зависимость между степенью достижения цели системой и факторами, которые на это влияют.

Информационный аспект анализа направлен на исследование внутреннего и внешнего информационного обмена между элементами системы, отражая неопределенность его состояний в конкретных условиях применения. Необходимость информационного аспекта обусловлена необходимостью уменьшения неопределенности в процессе исследования обмена информацией между элементами системы для достижения требуемого значения критерия эффективности.

При проведении информационного анализа решаются задачи:

- оценка степени неопределенности представления системы при структурном и функциональном анализе;
- отражение неполноты и несогласованности структурного и функционального описания системы;
- описание и оценка уровня организации системы.

Задачи сравнительно просто решаются при использовании информационного описания в виде модели ошибок или допусков применительно к нормативным свойствам объекта исследования.

При проведении информационного анализа системы необходимо учитывать не только *количество* и особенности использования информации, но и ее *качество*. Располагая результатами структурного, функционального и информационного анализа, можно приступить к формированию системного представления объекта, обобщенный алгоритм работы над которым приведен на рис. 6.



Рис. 6. Обобщенный алгоритм системного анализа объекта

В рамках каждого этапа синтеза системы декомпозиции по стадиям, аспектам и уровням анализа “вкладываются” друг в друга, попеременно выполняя иерархически главную роль. В то же время внутри каждого вида декомпозиции также может происходить смена иерархически главного аспекта (уровня, стадии, цикла, этапа). В результате такого поступательно-возвратного движения по видам и внутри каждого вида декомпозиции образуется циклический итерационный процесс с нестационарной иерархической структурой, обеспечивающий постепенное обоснование свойств, характеристик и порядка функционирования системы и достижение в итоге представлений о её целесообразном облике.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные теоретические положения теории циклов системного анализа объектов.
2. Основы методического подхода циклического анализа объектов.
3. Метод системного анализа объекта.
4. Принципы системного анализа объекта.
5. Категории системного анализа объекта и их взаимосвязь.
6. Постановка задачи анализа объектов.
7. Функциональный аспект системного анализа объектов.
8. Структурный аспект анализа сложных объектов.
9. Алгоритм системного анализа объектов.