

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМОТЕХНИКИ И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА. ТЕОРИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	6
1.1. Основные понятия теории систем.....	6
1.2. Системные свойства	7
1.3. Классификация систем	8
1.4. Структура системного анализа.....	12
1.5. Теория киберфизических строительных систем.....	14
Задания для выполнения практической работы	16
Темы для самостоятельного изучения	16
Вопросы для самоконтроля.....	17
Библиографический список	17
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО КАК СИСТЕМА	18
2.1. Строительное проектирование как система.....	18
2.2. Объект строительства как система.....	20
Задания для выполнения практической работы	22
Темы для самостоятельного изучения	22
Вопросы для самоконтроля.....	22
Библиографический список	22
3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВ СИСТЕМОТЕХНИКИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	24
3.1. Классификация видов моделирования	24
3.2. Разработка имитационных моделей строительных систем.	26
3.2.1. Задание и содержание практической работы.....	26
3.2.2. Краткие теоретические сведения	28
3.2.3. Практические рекомендации к разработке программы для ЭВМ.....	33
Оформление работы	38
Задания для выполнения практической работы	38
Темы для самостоятельного изучения	39
Вопросы для самоконтроля.....	39
Библиографический список	39
Заключение	40
Приложение	41

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе составлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и рабочей программой дисциплины «Системотехника строительства» для обучающихся по направлениям подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника и 27.06.01 Управление в технических системах.

Целью освоения дисциплины «Системотехника строительства» является формирование компетенций обучающегося в области применения общих принципов теории систем в приложении к строительным системам, системам проектирования, строительным объектам, а также применения в моделировании и критериальной основы моделирования при разработке строительных систем.

Освоение дисциплины включает курс лекций, практических занятий и самостоятельную работу обучающихся по следующим разделам:

- общие понятия системотехники и системного анализа. Теория киберфизических строительных систем;

- проектирование и строительство как система;

- практическое применение основ системотехники в строительных системах.

В соответствии с указанной структурой курса учебно-методическое пособие состоит из трех разделов. В начале каждого раздела приведено содержание практических занятий и дан минимально необходимый объем теоретической информации для его проведения. В первом разделе рассматриваются общие понятия системотехники и системного анализа, а также основы теории киберфизических строительных систем. Второй раздел посвящен вопросам проектирования и представлению строительства как системы. В третьем разделе даны пример и рекомендации по разработке имитационной модели строительной системы на языке РНР (Personal Home Page).

Вместе с тем в каждом разделе приведены темы для самостоятельного изучения.

Закрепить и проверить полученные знания, умения и навыки позволяют задания для выполнения практических работ, а также вопросы для самоконтроля в конце каждого раздела.

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ СИСТЕМОТЕХНИКИ И СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА. ТЕОРИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В рамках практических занятий первого раздела дисциплины «Системотехника строительства» обучающийся получает знания по основным понятиям и терминологии системного подхода, отрабатывает структуру определения понятия, получает набор ключевых слов для определения, а также навыки определения термина или понятия с различных точек зрения.

1.1. Основные понятия теории систем

Общая теория систем, основой которой является системный подход, включает в себя научную и методологическую концепции исследования различных объектов, изучает различные аспекты, связанные с понятием системы. Согласно положениям рассматриваемой теории объектом исследования может быть не только реальная существующая система, но и система абстрактная, формальная, в которой можно установить взаимосвязь между ее основными признаками и свойствами.

Как и в любую другую науку, в основу общей теории систем заложены результаты предыдущих исследований, которые с конца XIX в. стали носить систематический характер.

В 20-х гг. XX в. ученым-экономистом А.А. Богдановым разработана научная дисциплина «Тектология» или «Всеобщая организационная наука», которая была представлена в трех томах одноименного труда. Дисциплина основывается на предположении о том, что несколько (от двух и более) элементов, которые вовлечены в единый процесс, могут превосходить по эффективности функционирование тех же самых элементов по отдельности при особой организации (организованности), а могут и уступать, затрудняя работу друг друга. Цель данной дисциплины сводится к рассмотрению, анализу и теоретизации фактора организации, правильное применение которого повышает эффективность элементов, входящих в состав целого.

Автором первого варианта общей теории систем является Л. фон Бергаланфи, основами трудов А.А. Богданова считаются работы Г. Спенсера, К. Маркса и других ученых.

Отметим, что первый вариант общей теории систем был предложен в 1930-х гг. и сводился к признанию изоморфизма* законов, управляющих функционированием системных объектов. При этом фон Бергаланфи обозначал связь теории систем с философией Г.В. Лейбница и Н. Кузанского.

Согласно этому учению физические системы отличаются от живых только тем, что закрыты по отношению к внешней среде, тогда как живые организмы являются открытыми, жизненный процесс которых «предполагает наличие входящего из окружающей среды потока материи, тип и объем которого определяется в соответствии с системными характеристиками организма. Также осуществляется вывод из системы в окружающую среду материи как результата функционирования системы» [13].

Сегодня общая теория систем включает наработки, накопленные как в «классической» общей теории систем, так и знания, полученные в кибернетике, результаты системного анализа, исследований операций и пр.

В рамках курса дисциплины «Системотехника строительства» под системой (др.-греч. σύστημα — «целое, составленное из частей; соединение») будем понимать «множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство» [1].

Система состоит из набора элементов, взаимодействующих между собой, для достижения поставленной цели — реализации функции системы.

Математически систему S можно представить следующим образом:

$$S = (A, R), \quad (1)$$

где A — множество элементов; R — множество отношений между A .

При этом при введении термина «система» возникают такие понятия, как «структура системы», «связи прямые и обратные».

Под структурой системы в указанном контексте принимается устойчивое множество отношений, которое длительное время и/или в течение интервала наблюдения остается неизменным.

* Изоморфизм (от др.-греч. ἴσος — «равный, одинаковый, подобный» и μορφή — «форма») — общее понятие, которое в различных разделах математики определяется по-разному. Изоморфизм определяется для множеств, наделенных некоторой структурой.

Связи в системе обеспечивают взаимодействие между элементами и/или подсистемами системы, а также с элементами и/или подсистемами окружения. **Прямые связи** используются для функциональной передачи вещества, энергии, информации или любых их комбинаций от одного элемента к другому в направлении основного процесса. Для отражения изменений состояния системы в результате управляющего воздействия на нее используются **обратные связи**.

Под строительной системой (подсистемой) в рамках рассматриваемого курса принимается функциональная система (подсистема), созданная для достижения заданного результата в строительстве.

Изучением систем занимаются такие инженерные и научные дисциплины, как теория систем, системный анализ, системотехника, кибернетика, системная инженерия, термодинамика и т.д.

Системотехника — это научно-техническая дисциплина, основной целью которой является изучение вопросов *проектирования и функционирования больших систем*.

Научная школа «Системотехника строительства», основателем которой по праву считается А.А. Гусаков, основана в 1974 г. в период, когда «получили решение проблемы, которые прежде были недоступны научному познанию, открыты новые методологические возможности для исследования, выдвинуты новые подходы к изучению сложных объектов, выявлены новые стороны этих объектов и развиты средства их изучения, выдвинут широкий спектр новых проблем и новых направлений исследований в области интеграции систем и объектов» [2].

В качестве методологической основы системотехники строительства А.А. Гусаковым использована **теория функциональных систем**, в которой под функциональной принимается система, сформированная для достижения определенной целевой функции.

Системный анализ позволяет всесторонне изучить систему как единое целое, а именно:

- учитывает все взаимосвязи в системе;
- изучает отдельные структурные части в системе;
- выявляет (определяет) роли каждой структурной части системы в общем процессе функционирования системы и наоборот;
- выявляет воздействия системы в целом на отдельные ее элементы.

1.2. Системные свойства

Все свойства систем можно разделить на три условные группы: статические, динамические и интегральные [3]. В табл. 1. представлено деление свойств систем по указанным группам.

Таблица 1

Свойства систем		
Статические	Динамические	Интегральные
Целостность Открытость Структурированность	Функциональность Изменчивость со временем Адаптируемость	Эмерджентность Устойчивость

К статическим свойствам системы относятся особенности конкретного состояния системы. По определению система состоит из элементов со связями между ними, объединенных одной целью. В связи с этим *целостность* системы — это способность элементов системы вносить вклад для реализации целевой функции системы.

Как ранее было определено, системой может быть в том числе часть, отличимая от всего остального, окружающего нас мира. Таким образом, *открытость* систем — свойство, характеризующее всеобщую взаимосвязь и взаимозависимость в природе.

Структурированность систем — упорядоченность системы, определенный набор и расположение элементов со связями между ними.

Динамические (изменяемые) свойства систем характеризуют особенности изменений со временем внутри системы и вне ее.

Функциональность систем — способность систем проявлять определенные свойства или функции в процессе взаимодействия с окружающей средой.

Изменчивость системы со временем — способность системы с течением времени изменяться. Это свойство приводит к тому, что при проведении исследований необходимо учитывать возможные изменения в системах, способствовать или противодействовать им, ускоряя или замедляя их при работе с существующей системой.

Вместе с тем с течением времени измениться может не только система, но и окружающий ее мир. Таким образом, возникает понятие *адаптируемости* систем, т.е. способность изменения поведения или структуры системы при изменении условий внешней среды с целью сохранения, улучшения или приобретения новых качеств.

Последнюю группу составляют интегральные (обобщающие) свойства систем. К ним относятся:

– *эмерджентность* — наличие у системы особых свойств, не присущих ее элементам по отдельности, а также сумме ее элементов. Примером такого свойства могут быть два камня, использование которых совместно может привести к появлению искры, в то же время ни одному камню это свойство не присуще;

– *устойчивость* — способность системы противостоять внешним возмущающим воздействиям.

Отметим, что простые системы имеют пассивные формы устойчивости, такие как прочность, сбалансированность, регулируемость, гомеостаз; сложным системам присущи активные формы устойчивости, такие как: надежность — свойство сохранения структуры систем, несмотря на гибель отдельных ее элементов с помощью их замены или дублирования; живучесть — свойство систем подавлять вредные качества.

1.3. Классификация систем

Любой объект, живой организм, техническое устройство или часть реального мира можно рассматривать как систему, поэтому в зависимости от присущих системам признаков их можно разделить на классы, т.е. классифицировать.

Классификация (от лат. *classis* — «разряд» и *facere* — «делать») — понятие, обозначающее разновидность деления объема понятия по определенному основанию (признаку, критерию), при котором объем родового понятия (класс, множество) делится на виды (подклассы, подмножества), а виды, в свою очередь, могут делиться на подвиды и т. д.

Отметим, что в зависимости от поставленной цели можно выбирать разные принципы для классификации систем.

Общая классификация систем представлена на рис. 1.

К естественным системам относятся физические системы — «множество взаимосвязанных элементов, отделенных от окружающей среды, которое взаимодействует с ней как единое целое» [4]. Стоит также отметить, что элементами физических систем могут быть как физические тела, так и другие физические системы.

Этот класс велик, а значит, также может быть разделен по определенным признакам, например:

– в зависимости от поведения (по разделу физики) физические системы делятся на механические, термодинамические, электрические, магнитные, электромагнитные, оптические, квантовые, атомные, ядерные;

– по характеру взаимодействия с окружением (открытые, закрытые, изолированные);

– по принципу изменения свойств системы во времени (статические, динамические).

Биологические системы представляют собой «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих живых элементов различной сложности (гены, клетки, ткани, органы, организмы, биоценозы, экосистемы, биосфера)» [5].

Технические искусственные системы также ориентированы на достижение какой-либо цели, но спроектированы и создаются только по желанию человека.

К социальным (общественным) относятся системы человеческого общества, также направленные на достижение какой-либо цели.

Организационно-техническая система (ОТС) представляет собой множество взаимосвязанных материальных объектов, включая технические средства и персонал, целенаправленно функционирующее для выполнения протекающих во времени взаимосвязанных действий, направленных на достижение поставленной цели.

Абстрактные системы принято делить на системы непосредственного отображения, которые отражают определенные аспекты реальных систем, и системы генерализирующего (обобщающего) отображения.

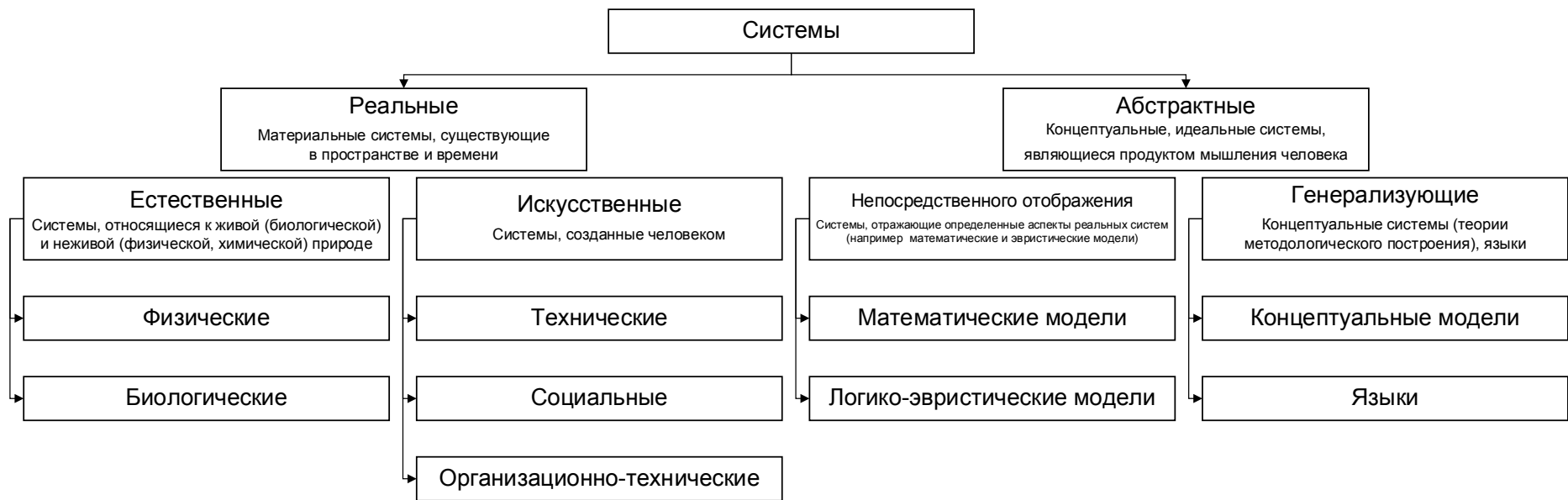


Рис.1. Классификация систем

К первой группе относятся математические модели и логико-эвристические модели, речь о которых пойдет позднее, ко второй — концептуальные системы (теории методологического построения) и языки.

Кроме того, необходимо понимать, что любая система может быть охарактеризована не одним, а несколькими признаками, а значит, отнести ее можно к различным классификационным классам. Таким образом, целью любого деления систем на классы являются определение соответствующих приемов и методов системного подхода и выбор методологии исследования.

Учитывая вышесказанное, к классификационным признакам систем можно отнести природу элементов, сложность структуры, происхождение и пр. Рассмотрим более подробно некоторые из классификационных признаков систем.

По взаимодействию с внешней средой выделяют: открытые, закрытые и изолированные системы. Указанное деление систем основывается на их возможности сохранения первоначальных свойств при наличии внешних воздействий. В случае, когда система не чувствительна к внешнему воздействию, ее принято относить к классу закрытых систем, в противном случае система считается открытой.

Отметим, что все реальные системы, которые могут быть частью более обширной системы или нескольких систем, являются *открытыми*, т.е. взаимодействуют с окружающей средой.

Закрытые системы с окружающей средой не взаимодействуют или взаимодействуют по строго определенным правилам, например система обменивается с окружающей средой энергией, но не веществом. Любой элемент такой системы имеет связи только с элементами самой системы.

Изолированные системы с окружающей средой не взаимодействуют.

По структуре системы делятся на три класса: простые, сложные и большие.

Простые системы состоят из небольшого количества элементов и взаимосвязей, не имеют разветвленных структур и служат для выполнения простейших функций.

Систему, состоящую из множества взаимодействующих составляющих (подсистем), принято считать *сложной*.

С гносеологических позиций система является сложной, если ее исследование требует привлечения нескольких моделей теорий, а в отдельных случаях — нескольких научных дисциплин.

В книге Л.А. Растригина [6] к некоторым чертам сложной системы как объекта управления относят:

- отсутствие математического описания или алгоритма;
- затруднение наблюдения и управления;
- «нетерпимость» к управлению;
- нестационарность, выражающаяся в изменении параметров и характеристик системы;
- невозможность воспроизводимости экспериментов с системой.

К основным свойствам сложных систем относят следующие:

- 1) структурная сложность — число элементов системы и разнообразие типов связей (иерархических, функциональных, каузальных, т.е. причинно-следственных, пространственно-временных и пр.) между ними;
- 2) сложность функционирования;
- 3) сложность выбора поведения при многоальтернативных ситуациях;
- 4) сложность развития.

Таким образом, в настоящее время существует большое количество определений сложных систем. Общими чертами при этом остаются следующие: сложные системы состоят из большого числа элементов и взаимосвязей, характеризуются структурным разнообразием, выполняют сложную функцию или их ряд. Стоит отметить, что каждый компонент такой системы может рассматриваться как факторная подсистема (решающая, информационная, управляющая, гомеостазная, адаптивная).

Если систему невозможно наблюдать одновременно с позиции одного наблюдателя во времени или в пространстве, а число ее подсистем велико и состав разнороден, то такую систему принято называть *большой*.

Отметим, что и простые, и сложные системы могут быть в то же время большими.

По характеру функций выделяют специализированные и универсальные (многофункциональные) системы.

Специализированные системы характеризуются узкой направленностью деятельности, *универсальные*, наоборот, позволяют с помощью одной структуры обеспечить выпуск различной продукции.

По характеру развития системы бывают стабильные и развивающиеся.

Если функции системы не изменяются во времени всего периода ее существования, то такая система относится к классу *стабильных*. Качество функционирования этих систем с течением времени ухудшается.

Развивающиеся системы, наоборот, с течением времени существенно изменяются, например в структуре.

По степени организованности выделяют классы хорошо организованных и плохо организованных (диффузных) систем.

К *хорошо организованным* относятся системы, элементы и взаимосвязи между которыми можно с легкостью определить. Примером такой системы может служить солнечная система.

Если задачи определить все элементы системы и связи между ними не стоит, то в исследовании можно относить систему к классу *плохо организованных*. Подобный подход широко применяется при описании систем массового обслуживания и пр.

По сложности поведения принято выделять несколько групп систем: автоматические, решающие, самоорганизующиеся и предвидящие системы.

Данная классификация представлена в порядке усложнения поведения системы. *Автоматические* системы однозначно реагируют на определенный набор воздействий. При выводе такой системы из равновесия она стремится перейти в гомеостаз. Если же система имеет постоянные критерии различения их постоянной реакции на широкие классы внешних, то система относится к *решающим*, постоянство этой системы может быть обеспечено только заменой вышедших из строя элементов на новые. *Самоорганизующимся* системам присущи гибкие критерии различения и гибкие реакции на внешние воздействия, они могут приспосабливаться к различным типам воздействия. Таким системам также присущи признаки диффузных систем, характеризуются они стохастичностью поведения. Устойчивость внутренней структуры этих систем обеспечивается постоянным самовоспроизводством. Далее идут *предвидящие* системы, которые могут предвидеть дальнейший ход взаимодействия, устойчивость таких систем превосходит воздействия внешней среды.

По характеру связи между элементами системы делят на детерминированные и стохастические.

Детерминированные системы — «системы, выходы которой (результаты действия, конечные состояния и т.п.) однозначно определяются оказанными на нее управляющими воздействиями» [7]. Иначе говоря, зная начальные значения, всегда можно предсказать состояние такой системы в любой момент времени.

Если состояние системы предсказать невозможно, то системы относят к *стохастическим*.

По характеру структуры управления выделяют централизованные и децентрализованные системы.

Системы, в которых одному элементу принадлежит доминирующая роль, называются *централизованными*. Если элементы системы имеют одинаковый вес для ее функционирования, то такая система относится к *децентрализованной*.

По назначению выделяют производящие, управляющие и обслуживающие системы.

Производящие системы реализуют определенные заданные процессы получения продуктов, *управляющие* — ориентированы на организацию / управление процессами, а *обслуживающие* — отвечают за поддержание работоспособности систем, относящихся к первым двум классам. Рассмотренная классификация систем представлена в табл. 2.

Классификация систем [8]

Классификационный признак	Классы систем
По взаимодействию с внешней средой	Открытые Закрытые Изолированные
По структуре	Простые Сложные Большие
По характеру функций	Специализированные Универсальные
По характеру развития	Стабильные Развивающиеся
По степени организованности	Хорошо организованные Плохо организованные
По сложности поведения	Автоматические Решающие Самоорганизующиеся Предвидящие
По характеру связи между элементами	Детерминированные Стохастические
По характеру структуры управления	Централизованные Децентрализованные
По назначению	Производящие Управляющие Обслуживающие

1.4. Структура системного анализа

Системный анализ — научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или постоянными элементами исследуемой системы. Этот метод позволяет провести комплексное исследование системы любого происхождения. Стоит отметить, что особенность системного анализа заключается в наличии достаточно большого количества методов решения. Основные задачи системного анализа можно представить в виде трех этапов (рис. 2).



Рис. 2. Структура системного анализа

Таким образом, системный анализ заключается в решении задач на трех этапах.

Декомпозиция — научный метод, позволяющий заменить решение одной большой задачи решением серии меньших задач.

Анализ — научный метод исследования, характеризующийся выделением и изучением отдельных частей объектов исследования.

Синтез (соединение) — это целенаправленный процесс объединения ранее разрозненных элементов в единое целое для достижения поставленной цели.

Рассмотрим каждый из указанных этапов более подробно. На первом этапе исследования — декомпозиции — ученый получает общее представление о системе путем выполнения ряда взаимосвязанных шагов:

1. Для проведения системного анализа объекта (системы) ставится цель исследования, на первом этапе декомпозиции эта цель делится на задачи, определяются основные функции системы как ограничение траектории в пространстве состояний системы.

2. Далее рассматриваемая система должна быть выделена из окружающей ее среды, т.е. необходимо выделить элементы системы и «несистемы».

3. Очевидно, что на каждую систему оказывается влияние, поэтому на следующем шаге выделяются и описываются воздействующие факторы (как внешние, так и внутренние).

4. Для получения достоверных результатов по итогам исследования необходимо учитывать тенденции развития системы, а также возможность возникновения неопределенностей разного рода.

5. Если внутреннее устройство и механизм работы системы очень сложны, неизвестны или неважны в рамках поставленной задачи исследования, то используется метод «черного ящика» — метод исследования, при котором вместо свойств и взаимосвязей элементов системы изучается реакция системы на изменяющиеся условия.

6. Задачи исследования позволяют рассматривать систему отдельно по функциям, по виду элементов или по виду отношений между элементами, т.е. степень декомпозиции ограничивается поставленными задачами исследования, не следует разбивать систему на элементы, если изучение подсистем позволит получить необходимые данные.

Наиболее часто используемыми стратегиями декомпозиции являются: функциональная, по жизненному циклу, по физическому процессу и структурная декомпозиция.

Функциональная декомпозиция, как следует из названия, основана на изучении функций системы. Функция отвечает за проявление свойств системы, т.е. представляет собой поведение системы при взаимодействии с внешней средой. При этом стоит отметить, что функция системы определяется, с одной стороны, структурой системы, а с другой — окружающей внешней средой.

«Система разбивается на функциональные подсистемы с учетом общности функций, выполняемых группами элементов. Декомпозиция системы *по жизненному циклу* предполагает выделение подсистем с учетом их функционирования на разных этапах цикла существования системы» [9].

Если модель создается с целью описания физического процесса, то можно использовать *декомпозицию по физическому процессу*, которая предполагает выделения подсистем по стадиям смены состояний системы, выполнения алгоритма функционирования подсистемы.

Типы связей (отношения между элементами) в системе рассматривает структурная декомпозиция.

Далее, на этапе анализа, т.е. на втором, формируется детальное представление о системе, необходимой для достижения поставленной цели.

1. Функционально-структурный анализ существующей системы, позволяющий определить основные требования к создаваемой системе, законы функционирования элементов, алгоритмов функционирования и взаимовлияний, элементов, подсистем и пр.

2. Морфологический анализ позволяет изучить взаимосвязи элементов системы и основан на подборе возможных решений для отдельных задач исследования и последующем их систематизированном получении сочетаний.

3. Исследовать причины развития ситуации и имеющихся тенденций, а также выстроить прогнозы дальнейшего развития системы позволяет генетический анализ.

4. Анализ аналогов позволяет изучать системные свойства на системе с аналогичными свойствами.

5. Анализ эффективности заключается в подборе шкалы измерения, формировании показателей эффективности, обосновании и формировании критериев эффективности, оценивании и анализе полученных оценок.

6. На заключительном этапе анализа формируются требования к создаваемой системе, включая выбор критериев оценки и ограничений.

На этапе синтеза получается новая система, которая позволит решить все поставленные задачи исследования и достичь цели. Действия, протекающие на третьем этапе, представлены на рис. 3.

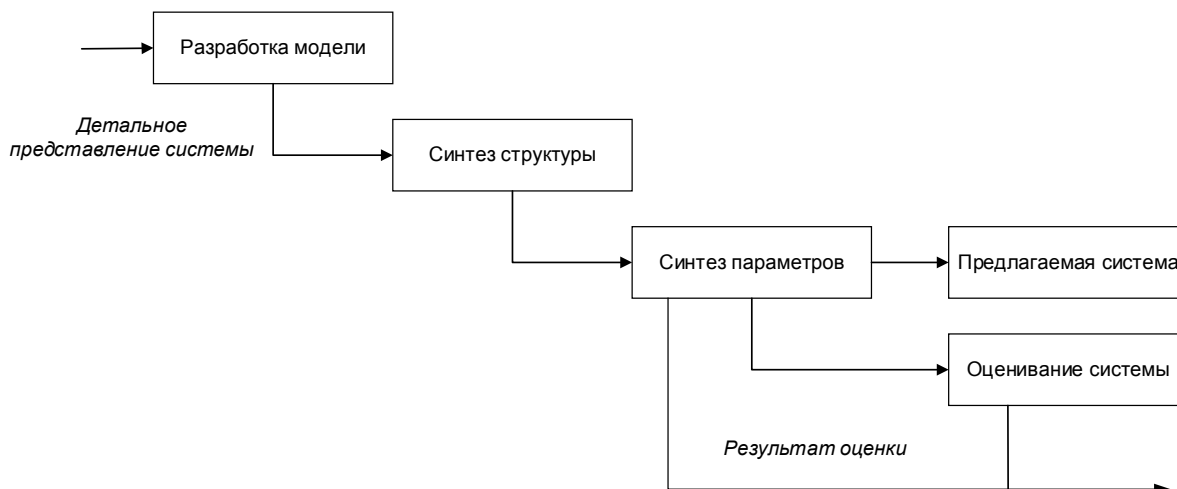


Рис. 3. Упрощенная функциональная диаграмма этапа синтеза системы, решающей проблему [9]

1. Разработка модели требуемой системы подразумевает под собой выбор математического аппарата исследования, вида моделирования, оценку модели по критериям адекватности, простоты, соответствия между точностью и сложностью, баланса погрешностей, многовариантности реализаций, блочности построения и пр.

2. В случае необходимости проводится синтез различных вариантов структур системы или параметров для получения новой системы, позволяющей решить поставленные задачи исследования.

3. Далее выбирается схема оценивания и проводится оценка полученных вариантов системы для выбора наилучшего варианта.

Оценка достижения поставленной цели исследования проводится при завершении системного анализа.

Таким образом, системный анализ позволяет определить оптимальную структуру системы, значимые входные и выходные параметры системы, информативность возмущающих факторов; построить модель системы и на ее основании оценить эффективность функционирования системы.

1.5. Теория киберфизических строительных систем

Основоположником теории киберфизических строительных систем является профессор кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ А.А. Волков. Основные положения указанной теории представлены в ряде научно-технических статей [10–12] и сводятся к тому, что активное развитие перспективных направлений технологий и техники связано пересечением традиционных областей профессиональной и социальной ответственности архитекторов и строителей с новой информационно-технологической концепцией киберфизических систем, основанной современными тенденциями социального и научно-технического прогресса.

«Пересечения становятся наиболее заметными сегодня на этапе, когда человек уже пользуется результатами труда строителей — зданиями, сооружениями, инженерной, транспортной, социальной и иной городской инфраструктурой. Очевидно, однако, что синергетический эффект четвертой промышленной революции применительно к созиданию проявится только в новом представлении отрасли, не ограниченной этапом стройки как процесса, а открытой пониманием и, что, наверное, сегодня наиболее значительно, ответственностью за полный цикл перспективного планирования, проектирования, создания, эксплуатации и использования строительных систем, составляющих неотъемлемую основу качественной, безопасной и эффективной в отношении человека и природы среды и инфраструктуры жизни и деятельности. Киберфизические системы построены на основе информационно-технологической парадигмы интеграции вычислительных ресурсов и физических

процессов, что, в совокупности с возможностью накопления, анализа и использования больших объемов данных, выводит процесс синтеза и принятия решений в режиме реального времени на качественно новый уровень. До недавнего времени подобные достижения ассоциировались исключительно с высокотехнологичной промышленностью, где сегодня сформирован ряд практических направлений для их масштабного развития и применения. Речь идет о разнообразных системах мониторинга, интеллектуального анализа и представления (визуализации) данных и автоматического (автоматизированного) управления в распределенном производстве, промышленной и автономной робототехнике и мехатронике, современном и перспективном беспилотном транспорте, промышленной и возобновляемой энергетике, здравоохранении, информационных и коммуникационных вычислительных и сетевых инфраструктурах и средах, геолокации и позиционировании, навигации и проч. Активно развиваются непосредственно связанные с киберфизическими системами аддитивные и технологии “дополненной реальности”, “облачные” вычисления, “интернет вещей” и “интернет всего”, многомерное моделирование и симуляторы и, если говорить о формирующихся сегодня “строительных” тенденциях, технологии информационного моделирования зданий, “интеллектуальные здания” и “умный город”.

Многие из перечисленных направлений требуют дополнительной понятийной формализации и соответствующего уровня социальной мотивации общества, но начальное формирование теории и области нормативно-правового и технического регулирования практики их применения — дело и профессиональная ответственность не будущего, а настоящего времени. Важно понимать, что остановить развитие научно-технического прогресса невозможно — слишком значимые, актуальные и востребованные эффекты готов принести он сегодня человеку и обществу, а не замечать (или не учитывать) его общие тенденции в конкретных отраслях и областях деятельности — на начальном этапе станет все более заметно тормозить развитие, а в конечном итоге представляет прямую угрозу их макроэкономической и организационной идентичности. Строительство в его инновационном, созидательном, смысле профессиональной ответственности за весь жизненный цикл составляющих объектов и процессов — самая масштабная и социально значимая отрасль реального сектора экономики, в новых рамках которой пересекаются сегодня практически все перспективные направления развития киберфизических систем — вместе с собственно конструкциями и материалами зданий, сооружений, инженерными системами, инфраструктурой всех уровней, в масштабах города это устойчивость и комплексная безопасность, энергетические сети, все виды транспорта, охрана нашего здоровья, коммуникационные и навигационные сети и сервисы, комфорт, многое другое. Современное развитие информационно-технологической концепции киберфизических систем в самых разнообразных направлениях практической деятельности, их значительное, с наблюдаемым прогрессом, технологическое и качественное пересечение со строительной деятельностью на уровне составляющих процессов и результатов определяют объективную необходимость и возможность формирования и развития нового научного направления — “кибернетики строительных систем”. Особенное значение приобретает качественно новое, в необходимой степени доступное для формализации, определение “строительной системы”, построенное в соответствии с теорией систематизации всеобщих категорий и современным пониманием созидания в более широком смысле, чем используемые сегодня в отраслевой теории и практике» [10]. В этом смысле исключительно важно понимать, что понятие «строительная система» ассоциируется не только с этапом собственно возведения зданий (комплексов и пр.), но и включает в себя как предшествующие (планирование, проектирование и пр.), так и последующие (эксплуатация, реконструкция, утилизация и пр.) этапы. Так, любое эксплуатируемое здание или комплекс зданий, включая по необходимости, например, элементы транспортной инфраструктуры, в равной степени остается «строительной системой» и после завершения строительно-монтажных работ. С учетом представленных оснований необходимо определить принципиально новый в отрасли класс систем — «киберфизическая строительная система». «Информационное моделирование зданий — это ключевая технологическая тенденция, предшествующая новому уровню возможностей практического применения кибернетических и киберфизических систем в строительной, созидательной деятельности. Постановка задач в терминах киберфизических систем стала возможна некоторое время назад только и именно в тех отраслях реального сектора экономики, высокотехнологичная составляющая которых полномасштабно отражалась на уровне математического и информационного моделирования во всем спектре практических результатов на каждом этапе жизненного цикла, что вместе с прогрессом в области производитель-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru