

до кусково-стаціонарних. Наведені обчислювальні схеми реалізовані програмним середовищем Eраfo.

#### Бібліографічні посилання

1. Никифоров И.В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов. / И.В. Никифоров. – М., 1983. – 199 с.
2. Жиглявский А.А. Обнаружение разладки случайных процессов в задачах радиотехники. / А.А. Жиглявский, А.Е. Красновский. – Л., 1989, 222
3. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем. / Под ред. М. Бассвиль, А. Банвениста. – М., 1989. – 278
4. Байбуз О.Г. Сплайни в надійності. / О.Г. Байбуз, О.П. Приставка. – Д., 2003. – 256с.

Надійшла до редколегії 11.07.09

УДК 62.50

П. Г. Хорольский

*Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара*

### БОЛЬШИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИЗНАКИ, КРИТЕРИИ, СВОЙСТВА, ЗАКОНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Присвячено проблемі проектування великих та складних технічних систем. Їх характеристичною властивістю є складність. Вимоги до складності і до якості системи, що проектується, знаходяться у взаємному протиріччі.

*Ключові слова:* система керування, системний підхід, складність систем, проектування

Освещена проблема проектирования больших и сложных технических систем. Их характеристическим свойством является сложность. Требования к сложности и к качеству проектируемой системы находятся во взаимном противоречии.

*Ключевые слова:* система управления, системный подход, сложность систем, проектирование

The article is devoted to designing of large and complex technical systems. Their characteristic feature is the complexity. Requirements for the complexity and the quality of designed systems are in mutual contradiction.

*Keywords:* management system, system approach, system complexity, design

Постановка проблеми в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями. Глобализация – основная тенденция всех основных происходящих в мире процессов – сейчас является одновременно и следствием и причиной создания и развития больших технических систем (БТС). Проектирование БТС представляет собой серьезную проблему. Проектирование, определяемое как создание нового [1], безотносительно к своему объекту в своем начале представляет собой проблему вследствие хотя бы, собственно, новизны.

Наиболее простое определение БТС дано в [2]. Сложные технические системы (СТС) можно рассматривать как подмножество БТС, для них определение дано в [3]. Одним из их общих свойств является сложность (С). Примерами БТС и СТС являются транспортные и коммуникационные системы.

Сложность, по сути, – трудоемкость получения решения [4]. Отсюда следует важность обеспечения необходимого уровня этой характеристики.

**Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение поставленной проблемы, и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Требования к искомому качеству объекта проектирования и сложности технической реализации изначально противоречивы, поскольку качество всегда желательно иметь высоким при более простых технических решениях. Сложность является качественной характеристикой и поэтому основные усилия исследователей направлены на ее конкретизацию как понятия и определение ее меры. Наиболее полно известные результаты представлены в [5], где «делана попытка построить универсальный информационный критерий, пригодный для оценки алгоритмической, функциональной, схемотехнической, конструкторской, технологической и других видов сложности применительно к системам управления» (СУ). В то же время для проектирования этого уже недостаточно. Необходимо всестороннее рассмотрение сложности с определением всех присущих ей аспектов, в особенности – закономерностей, которые должны быть учтены и использованы для достижения искомого результата.

**Формулирование целей статьи.** Целью статьи является попытка наиболее полного изложения всех аспектов, присущих сложности, с позиций обеспечения проектирования БТС и СТС. Достижение ее возможно с применением информационного подхода как дальнейшего развития системного подхода [6], который дает проектировщику новые возможности для исследования сложных объектов, процессов и явлений в природе и обществе на основе использования общих свойств и закономерностей проявления информационных процессов [7; 8].

**Изложение основного материала исследований с полным обоснованием полученных научных результатов.** Можно привести множество общеизвестных определений сложных систем [2–5]. Отметим лишь, что простота и сложность легко определяются на интуитивном уровне. Учитывая их противоположность как категорий, определив одну из них, сразу же определяется и другая. Простоту определяют так: если в сумме все известно, то это просто [8]. Мы лишь добавим к этому интуитивный компонент: просто все то, что, понятно, известно, привычно.

В науке и технике простые сущности есть результат упрощения, идеализации реально существующих систем, объектов, явлений и т. д.

Поэтому простые системы представляют собой узкий круг объектов, причем объектов идеализированных, вырванных из окружающей среды, поведение которых однозначно предсказуемо. Следовательно, все реальные системы являются сложными системами (ССМ) [6].

С позиций информационных технологий считается, что любая сложная система обладает пятью общими признаками [10]:

- а) иерархичность;
- б) относительная произвольность и субъективность выбора компонент, считающихся элементарными;
- в) внутриконтентная связь обычно сильнее межконтентной;
- г) иерархические системы обычно состоят из немногих типов подсистем, по-разному скомбинированных и организованных;
- д) любая работающая сложная система является результатом развития работавшей более простой системы.

Сложность систем (СлСМ) есть категория, имеющая комбинаторное происхождение [9]. Она порождается сочетанием, взаимосвязью частей, элементов и состояний в каждый фиксированный и последовательные моменты времени. Все факторы по влиянию на С можно разделить на две группы:

- а) снижающие СлСМ: малая размерность, однородность, симметрия, регулярность;
- б) повышающие их сложность: большая размерность, неоднородность, асимметрия, разнообразие.

Эта категория объективна. Вместе с тем в проектировании сложность систем может быть относительна, субъективна. Так как проектировщик в силу ряда причин или сознательно может «загрублять», «укрупнять» элементы и части системы, ее связи и состояния [6].

Сложность интуитивно воспринимается как скаляр. Многочисленность ее характеристик, определений, проблем и требований к СлСМ требуют векторного определения.

Согласно [6] СлСМ двумерна, имеет две компоненты: 1) статическую (определяемую элементами, параметрами, имеющими точные значения (СС)) и 2) динамическую (определяемую элементами, параметрами, принимающими неопределенные значения). Динамическая сложность (ДС) систем отождествляется с неопределенностью системы.

СлСМ отождествлена с количеством информации, содержащейся в ней, и/или с количеством информации, необходимой для ее полного теоретического и экспериментального описания. Тогда СС системы оценивается минимальным объемом информации, необходимым для полного описания статических характеристик системы; ДС – объемом информации, содержащимся в неопределенных параметрах, характеристиках системы.

Малая СС у детерминированных последовательностей. Большая – у систем связи, вычислительных сетей и т. д. Малая ДС (неопределенность) у конструкций и сооружений. Большая – у ЭВМ, СУ, организмов живых существ, исчислений, систем связи, систем и сетей массового обслуживания, автоматизированных СУ, гибких автоматизированных производств [6].

Реальные ССМ обладают и СС и ДС. СС обладают «неподвижные», «пассивные» системы, являющиеся частями более крупных систем (чаще всего не имеющих самостоятельного существования или функционирования). ДС имеют флуктуации и вакуум. Неопределенность, ДС всех остальных систем опирается на остов или на «скелет», имеющий СС [6].

Проект системы содержит информацию о компонентах, имеющих точные значения. Эта информация составляет и определяет главным образом ее СС. В проекте системы содержится, как правило, малая доля информации, определяющая ее ДС [6].

ДС определяет нетривиальное поведение системы. Чрезмерная ДС может привести к хаотическому ее поведению [6]. СС системы определяется длиной самого короткого ее описания. Количественной мерой ДС системы является информационная энтропия, введенная К. Шенноном [11].

Основные законы и принципы информатики ограничивают многообразие ССМ, определяют допустимые варианты их построения и функционирования, задают их свойства, обеспечивают саму возможность существования, развития естественных систем, а также возможность создания и функционирования сложных искусственных систем (ИС). Нарушение законов информатики в природе невозможно по сути, а при создании ИС, при проектировании ССМ это нарушение приводит к их неэффективному функционированию, тем самым делает невозможными их продолжительное существование.

Проектирование является сложным видом деятельности хотя бы вследствие большой ДС исходных данных и ожидаемого результата, большого числа необходимых для ее успеха идей и комбинационного (комбинаторного) характера механизма получения решения.

Методология синтеза новых технических решений содержит много неопределенности.

Сложность проектирования особенно увеличивается, если ее объектом является СТС вследствие сложности последней и сложности организации и технологии осуществления. Поэтому проектирование подчинено законам информатики, характеристики которых приведены в [6].

**Закон простоты сложных систем (ЗПСС).** Он ограничивает СС систем. Для ИС реализуется отбраковкой усложненных вариантов, а в природе – естественным отбором. Этот закон реализуется рядом конструктивных принципов:

- а) Оккама [12];
- б) иерархического модульного построения сложных систем;
- в) симметрии (используются все возможные виды симметрии);
- г) симморфоza, или равнопрочности, однородности;
- д) полевого взаимодействия;
- е) экстремальной неопределенности.

**Закон конечности скорости распространения взаимодействия (ЗКСРВ).**

**Закон сохранения неопределенности (ЗСН).**

**Закон необходимого разнообразия Эшби (ЗНРЭ).** Реализуется в ряде конкретных принципов:

- а) теоремы Шеннона [11];
- б) теоремы Котельникова [13].

**Теорема Геделя о неполноте.**

**Закон эквивалентности вариантов построения сложных систем.**

**Закон Онсагера максимизации убывания энтропии:** реализуется та форма, при которой максимизируется рост информации, содержащейся в системе.

**Свойства ССМ** можно упорядочить по степени общности. Самыми общими, фундаментальными их свойствами являются свойства существования и развития.

Свойство существования предшествует всем остальным свойствам систем, иначе ее просто нет.

Свойство развития определяется движением и изменением сложных систем, иначе нет их проявлений. Существование сложных систем невозможно в отрыве от их развития.

Свойство существования сложных систем конкретизируется в следующих частных свойствах:

- а) устойчивости (в широком смысле);

- б) инвариантности;
- в) сохраняемости;
- г) синергетичности;
- д) реализуемости;
- е) уникальности;
- ж) слабой предсказуемости.
- з) нетривиальности поведения.

Если при построении системы, которая должна выполнять определенный алгоритм, реализуются принципы модульного построения и полевого взаимодействия, то испытания системы, изучение ее свойств сводятся к испытаниям отдельных модулей, изучению свойств ее отдельных модулей и комплексной проверке системы на устойчивость, оценке значений системных характеристик. Проверку правильности реализации заданного алгоритма системой в целом проводить не нужно.

В совокупности с ЗСН закон Эшби указывает путь создания эффективно управляемых ССМ. Он заключается во введении в СУ ССМ элементов с требуемой ДС. Если же максимальная ДС СУ ограничена, то единственным выходом остается адекватное ограничение неопределенности управляемого объекта.

**Выводы.** Любая система является сложным. Простота достигается упрощением. СлСМ имеет комбинаторное происхождение. Эта категория объективна, а в проектировании может быть субъективной. СлСМ имеет две компоненты: статическую и динамическую. СлСМ обладают рядом свойств разной степени общности. Многообразие ССМ ограничено основными законами и принципами информатики. Следование последним объективно обеспечивает длительный жизненный цикл объекта проектирования (в нашем случае – БТС, СТС).

**Перспективы дальнейших поисков в данном направлении.** В дальнейшем необходимо рассмотреть применение приведенных выше результатов на практике.

#### Библиографические ссылки

1. Хилл П. Наука и искусство проектирования. Методы проектирования, научное обоснование решений. / П. Хилл. – М., 1973. – 263 с.
2. Матвеевский С.Ф. Основы системного проектирования комплексов летательных аппаратов. / С.Ф. Матвеевский. – М., 1987. – 240 с.

3. Виноградов В.А. Эффективность сложных систем. Динамические модели / В.А. Виноградов, В.А. Грушанский, С.И. Довгодуш и др. – М., 1989. – 285 с.
4. Плотников В.Н. Оптимизация оперативно-организационного управления / В.Н. Плотников, В.Ю. Зверев. – М., 1980.
5. Авраменко В.П. К вопросу оценки сложности систем управления / В.П. Авраменко // Автоматизированные системы управления и приборы автоматки. – Х., 1984. – Вып. № 60. – С. 4–10.
6. Гуревич И. М. Законы информатики – основа исследования и проектирования сложных систем. / И.М. Гуревич. – М., 2003. – 24 с.
7. Колин К.К. Информационный подход как фундаментальный метод научного познания. / К.К. Колин. – М., 1998.
8. Ивахненко А.Г. Принятие решений на основе самоорганизации. / А.Г. Ивахненко. – М., 1976. – 280 с.
9. Бусленко Н. П. Лекции по теории сложных систем / Н.П. Бусленко, В.В. Калинин, И.Н. Коваленко. – М., 1973.
10. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++. / Г. Буч. – М., СПб., 2000. – 560 с.
11. Шеннон К. Математическая теория связи. Работы по теории информации и кибернетики. / К.Шеннон. – М., 1963.
12. Моисеев Н.Н. Универсум, информация, общество. / Н.Н. Моисеев. – М., 2001.
13. Темников Ф.Е. Теоретические основы информационной техники / Ф.Е. Темников, В.А. Афонин, В.И. Дмитриев. – М., 1971.
14. Бутковский А.Г. Кибернетика и структуры / А.Г. Бутковский // Проблемы управления и информатика. – 1996. – № 1–2. – С. 8–20.

*Надійшла до редколегії 12.07.09*