

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ С ПОЗИЦИЙ СВОЙСТВ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Н. А. Кащеев, В. С. Чаплинский

Задача определения закономерностей процессов синтеза информационно-управляющих комплексов (ИУК) с позиций свойств сложных систем, обеспечивающих методическую общность подходов, представляет не только теоретический, но и практический интерес, поскольку ИУК является технической системой, широко востребованной при обеспечении процессов дистанционного зондирования Земли и специального наблюдения из космоса, в том числе в интересах двойного применения космических систем (КС).

Основы междисциплинарной теории сложных систем сформированы с использованием математических постулатов и методов от общих подходов Бергаланфи до конструктивной теории помехоустойчивости (В. А. Котельников, К. Шеннон), надежности и др., в том числе элементов прикладных направлений синтеза. Однако «теория» сложных систем – понятие условное, поскольку «теория» требует формирования непротиворечивых теорем, из которых должны следовать свойства сложных систем. В настоящее время такой подход не принес каких-либо существенных результатов [1–4].

На вопрос, существует ли теория синтеза оптимальных, адаптивных, самоорганизующихся и самонастраивающихся систем [5], нет единства мнений, что позволяет развивающуюся теорию сложных технических систем и ее прикладные аспекты, в том числе методы и результаты синтеза информационно-управляющих комплексов, считать актуальными.

Информационно-управляющие комплексы и свойства сложных систем

Информационно-управляющий комплекс является сложной системой, наделенной всеми ее постулируемыми (аксиоматическими) качествами:

– от решающих систем, имеющих постоянные стохастические критерии различения случайных объектов (сигналов) и постоянные стохастические реакции на случайные воздействия; самоорганизующихся систем, имеющих гибкие критерии различения и гибкие реакции, приспособляющиеся к заранее неизвестным сигналам и воздействиям;

– до предвидящих систем, превосходящих по сложности некоторые воздействия внешней среды, полагаясь на повторение прежних ситуаций.

Наивысшее развитие сложных систем достигается на уровне превращающихся систем, для которых проблема устойчивости сводится к проблеме помехоустойчивого перекодирования, хотя в практике применения перспективных космических систем имеется определенный опыт коррекции математического обеспечения в процессе эксплуатации, в том числе в полете космических аппаратов (КА). Примеры целевого превращения элементной базы действительно не выявлены.

Сложность системы характеризуется сложностью ее поведения, т.е. разнообразием реакций на внешние воздействия.

Сложные системы в отличие от простых характеризуются наличием функции принятия решений на фоне стохастического описания среды и самих систем.

Классификация свойств сложных систем целиком применима к описанию свойств ИУК:

– принцип обратной связи возник на уровне автоматических систем и присущ всем сложным системам;

– надежность (получившая у автора [2] приоритет в виде проблемы «номер один», связанной с возрастанием сложности технических систем.

Стратегическая цель сложных систем – выжить вопреки воздействиям внешней среды.

Особый интерес представляет оптимистическая уверенность автора [2] в отношении повышения надежности технических систем с увеличением их сложности. При сравнении надежности биологических и технических систем автор [2] приходит к выводу, что по мере возрастания сложности биологических систем возрастает их надежность. Этот вывод указывает на аналогичную возможность и для технических систем.

Помехоустойчивость обусловлена необходимостью правильной ориентации в среде и информированности о ней, определяющая, в свою очередь, возникновение качества управляемости (возможности активных действий).

Информированность о внешней среде (ориентации в ней) предполагает:

- различение объектов внешней среды на фоне помех (шумов);
- хранение в памяти абстрактных образов объектов внешней среды для последующей идентификации.

Помехоустойчивость (составляющее качество информированности о внешней среде) является свойством решающей системы, имеющей цель различения и выделения сигналов (сообщений) на фоне помех различной природы, в частности, флюктуационных шумов.

В фундаментальной работе В. А. Котельникова получена зависимость $P_f(T)$ максимальной вероятности правильного различения M сигналов за время T в канале связи с гауссовыми шумами [6, 7]. Цель такой системы состоит в оптимальном (M, t)-обмене. Это достигается выбором оптимальной структуры – способа кодирования и оптимального поведения – способа декодирования, представляющих суть теории помехоустойчивости.

Согласно [2] предложенный Хэммингом способ асимптотического декодирования в целом входных слов с конечной задержкой, основанного на оптимальном методе декодирования по минимальному хемминговскому расстоянию (эквивалентному критерию максимального правдоподобия), приводит к неоптимальным по M результатам из-за несовершенного способа кодирования, также основанного на идее минимального кодового расстояния.

Более совершенные коды, предложенные К. Шенноном [1], используют для своего генерирования так называемое случайное кодирование. Автор [2] при этом утверждает, что «построение оптимальных кодов случайным выбором является в настоящее время реальной перспективой».

В настоящее время практически все системы управления КА используют широкополосные шумоподобные сигналы (ШШС), которые можно отнести к классу сигналов, генерируемых «случайным образом». Преимущества таких сигналов известны.

В этой иерархии качество самоорганизации обусловлено просто накоплением опыта использования всех перечисленных качеств.

В теории сложных систем выделяют качества по сечениям (X -качества: надежность, помехоустойчивость и др.). Целостное исследование сложной системы требует совместного рассмотрения указанных качеств.

Исследуемые модели и синтез сложных технических систем

Технические науки направлены на поддержку решений по созданию и применению технических систем различной сложности. Соответственно, такой целевой установке процесс исследования технической системы должен сопутствовать поддержке технических решений на всех стадиях жизненного цикла системы в виде анализа предполагаемого ее функционирования и синтеза структуры (морфологический синтез) и ее параметров (характеристик). Основным исследуемым объектом при анализе и синтезе технической системы является модель.

Имеется два подхода при выборе моделей реальных сложных систем:

- аналитический подход, состоящий в приближении модели к реальной системе (анализ реальной системы);
- синтетический подход, рассматривающий лишь реальные системы, близкие к своим оптимальным прототипам (он начинается с синтеза оптимальных моделей).

Аналитический подход состоит в построении отдельных моделей, приближающихся по сложности к оригиналам. Здесь адекватность модели объекту достигается за счет понижения общности результатов. Основной преградой на пути этого подхода является «проклятие многомерности».

Синтетический подход в теории сложных систем предполагает исследование широкого класса простых моделей, обеспечивающих «общность результатов за счет неадекватности моделей объекту», носящих оценочный характер, и основывается на введенном в теорию сложных систем понятии оптимальности, эквивалентному критериальному подходу «эффективность–стоимость», что не противоречит существующим методическим концептуальным положениям синтеза технических систем.

Модель и создаваемая техническая система взаимно обусловлены. Кроме того, исследовательские модели технических систем различной сложности, имеющих право на существование, может быть много, что усложняет решение исследовательских задач и требует доказательства адекватности каждой модели реальным процессам в технической системе, функционирующей в различных условиях.

Адекватность моделей может быть доказана экспериментом, в инженерных терминах – натурными испытаниями технической системы, подтверждающими результаты испытаний модели функционирования системы [8–10].

Разделение понятий на анализ и синтез технических систем представляется не совсем корректным, поскольку анализ – это этап синтеза технической системы, предшествующий и сопровождающий синтез, неразрывно связан с синтезом.

Синтез как основа создания системы (конечная цель прикладных исследований) – понятие техническое (в современной практике и биологическое, а возможно и многопредметное, различающееся элементами, составляющими систему), суть которого состоит в целевом изменении структуры и характеристик аналогов и прототипов, а поэтому дополняющим и неотрывно вписывающимся в ранние и последующие этапы развития системы.

Синтез приобретает большую общественную значимость, чем законы познания каких-либо явлений, поскольку он направлен на поиск методов создания, за которым следует общественный эффект.

Основные системные качества при синтезе ИУК в целом

В соответствии с тезисом о необходимости целостного исследования сложной системы по всем ее качествам при постановке задач синтеза ИУК выделяются следующие основные качества: **надежность, пропускная способность, помехозащищенность.**

Показатели управляемости и самоорганизации в выражениях для эффективности ИУК, определяющие критериально-показательную базу оценки эффективности и синтеза ИУК [7], в явном виде не фигурируют. Предполагается, что они в полной мере присутствуют, обеспечивая требования к представленным в этих выражениях показателям эффективности.

Соответственно структурно-информационная устойчивость ИУК должна обеспечиваться заменой вышедших из строя элементов, постоянным самовоспроизведением, в перспективе – помехоустойчивым перекодированием.

Цель и эффективность сложной системы

Синтез сложной системы (ИУК) требует введения понятия «цели», «эффективности» и обобщенного скалярного показателя эффективности в виде вероятности достижения цели.

Вероятностная форма определения эффективности системы при достижении отдельных ее тактических целей (*X*-качеств) позволяет оценивать вероятность достижения стратегической цели в целом с помощью неравенства Буля [2]. Однако нельзя согласиться с рекомендуемым в [2] требованием «равнопрочности» по вероятностным показателям частей системы в виде ее отдельных *X*-качеств, поскольку при этом не учитываются стоимостные характеристики. Такой подход определяет погрешности уже на системном уровне, которые могут оказаться существенными. Основным реализуемым подходом при синтезе является критериальный подход «эффективность–стоимость» [7].

Помехозащищенность

Нельзя безоговорочно согласиться и с положением о том, что помехоустойчивость определяется только двумя направлениями:

– кодирование (структурный синтез, по К. Шеннону) – обоснованно определяющий неоптимальный подход по поведению сложных систем, базирующийся на выделении геометрически

равноудаленных из ансамбля принимаемых сигналов по Р. У. Хэммингу и В. А. Котельникову и, соответственно, на статистическом методе максимума апостериорной вероятности, приведший к признанию неоптимальности такого поведения;

– декодирование информации.

Например, на уровне помехозащищенности введено понятие скрытности, с которым приходится оперировать. Существуют также сторонники реализации ортодоксальных банальных мер повышения, собственно, энергетических характеристик сигналов в канале связи, в частности, мощности передатчика, при котором проблемы кодирования-декодирования становятся несущественными.

Надежность (живучесть)

По отношению к свойству надежности и живучести существующие обобщенные закономерности процессов синтеза сложных систем и синтеза ИУК практически аналогичны:

- критериальный подход с позиций показателя типа вероятности безотказной работы системы;
- терминологические, но не антагонистические различия надежности и живучести;
- предпочтительность использования экспоненциального закона надежности для систем с трудно предсказуемым будущим;
- сложившиеся усилия специалистов в направлении обеспечения жизнеспособности смертных систем.

Основной вывод из анализа закономерностей процессов синтеза информационно-управляющих комплексов с позиций теории сложных систем заключается в необходимости формирования цели, эффективности достижения цели в вероятностной форме, скалярного показателя эффективности, характеризующего совместное свойство комплекса «надежность (живучесть)–пропускная способность–помехозащищенность».

Список литературы

1. Шеннон, К. Математическая теория связи. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М. : ИИЛ, 1963. – 168 с.
2. Флейшман, Б. С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем / Б. С. Флейшман. – М. : Советское радио, 1971. – 224 с.
3. Питерсон, У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон. – М. : Мир, 1965. – 257 с.
4. Фано, Р. Передача информации. Статистическая теория связи / Р. Фано. – М. : Мир, 1965. – 241 с.
5. Кашеев, Н. А. Методы и основные результаты оценки, требования и рекомендации по обеспечению эффективности автономных региональных унифицированных информационно-управляющих комплексов космических систем наблюдения / Н. А. Кашеев, О. И. Герасимов, В. С. Чаплинский // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 4 (28). – С. 109–119.
6. Юрков, Н. К. Методология управления качеством сложных систем / Н. К. Юрков, А. К. Гришко, И. И. Кочегаров // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2014. – Т. 1. – С. 377–379.
7. Yurkov, N. K. Synthesis of a Conceptual Model of a Subject Domain. Characteristic Features of Modeling Complex Systems / N. K. Yurkov // Measurement Techniques. – 2004. – Vol. 46, № 2. – February. – P. 128–133.
8. Северцев, Н. А. Системный анализ определения параметров состояния и параметры наблюдения объекта для обеспечения безопасности / Н. А. Северцев // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 4–10.
9. Северцев, Н. А. К вопросу об утрате работоспособности систем / Н. А. Северцев, А. В. Бецков, А. М. Самокутяев // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2013. – Т. 2. – С. 268–270.
10. Баранов, Н. А. Управление состоянием готовности системы безопасности к отражению угрозы / Н. А. Баранов, Н. А. Северцев // Труды Междунар. симп. Надежность и качество. – 2012. – Т. 1. – С. 8–10.

Кашеев Николай Александрович

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт
космических систем им. А. А. Максимова –
филиал Государственного космического
научно-производственного центра им. М. В. Хруничева
(141091, Россия, Московская обл, г. Юбилейный,
ул. Тихонравова, 9)
E-mail: niiks@khrunichev.com

Kashcheev Nikolay Aleksandrovich

doctor of technical sciences, professor,
senior research manager,
Scientific Research Institute of Space Systems
named after A. A. Maksimov –
branch of State Space Scientific Production Center
named after M. V. Hrunichev,
(141091, 9 Tihonravova street, Yubileyny,
Moscow region, Russia)

Чаплинский Владимир Степанович

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт
космических систем им. А. А. Максимова –
филиал Государственного космического
научно-производственного центра им. М. В. Хруничева
(141091, Россия, Московская обл, г. Юбилейный,
ул. Тихонравова, 9)
E-mail: niiks@khrunichev.com

Аннотация. Рассматриваются основные аспекты придания информационно-управляющим комплексам (ИУК) статуса сложных систем и использования в процессе синтеза ИУК элементов теории сложных систем. Показано, что современные методы синтеза ИУК практически не противоречат аксиоматическим положениям теории сложных систем. Сформулировано основное положение о необходимости при синтезе ИУК в целом совместного учета таких качеств, как надежность, пропускная способность, помехозащищенность.

Ключевые слова: информационно-управляющий комплекс, синтез ИУК, сложная система.

УДК 629.7

Кащеев, Н. А.

Некоторые закономерности процессов синтеза информационно-управляющих комплексов с позиций свойств сложных систем / Н. А. Кащеев, В. С. Чаплинский // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 4 (12). – С. 11–15.

Chaplinskiy Vladimir Stepanovich

doctor of technical sciences, professor,
senior research manager,
Scientific Research Institute of Space Systems
named after A. A. Maksimov –
branch of State Space Scientific Production Center
named after M. V. Hrunichev,
(141091, 9 Tihonravova street, Yubileynyy,
Moscow region, Russia)

Abstract. The basic aspects of giving to information-operating complexes (IOC) the status of difficult systems and use in the course of synthesis IOC of elements of the theory of difficult systems are considered. It is shown, that modern methods of synthesis IOC practically do not contradict axiomatic positions of the theory of difficult systems. The substantive provision about necessity is formulated at synthesis IOC as a whole the joint account of such qualities, as reliability, throughput, noise immunity.

Key words: an information-operating complex, synthesis IOC, difficult system.