УДК 621.9

С.В. Луцкий, канд. техн. наук**,** доц.
Харьковский национальный автодорожный университет, Украина
E-mail:lutsk.sv@mail.ru

СИСТЕМНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМ ТЕХНОСФЕРЫ

В статье рассматривается совокупность фундаментальных научных усановок, терминов и положений теории системно-информационного подхода к задачам моделирования сложных самоорганизующихся систем.

Ключевые слова: *самоорганизация, информация, сложная система, моделирование, анализ, синтез*

1.Введение

Практические задачи, которые сегодня решаются, требуют глубокого изучения отдельных объектов и явлений природы. Большое число задач связано с исследованием сложных систем, таких, которые включают множество элементов, каждый из которых представляет собой достаточно сложную систему, и эти системы тесно взаимосвязаны с внешней средой. Изучение таких систем в естественных условиях ограничено их сложностью. В этих условиях единственным возможным методом исследования является моделирование (физическое, логическое, математическое).

Без модели нет познания. Любая гипотеза – это модель. И правильность гипотезы о будущем состоянии объекта зависит от того, насколько правильно определили параметры исследуемого объекта и их взаимосвязи между собой и внешней средой. Однако научное описание никогда не охватывает всех деталей, оно всегда выделяет существенные элементы структур и связей. Поэтому такое описание содержит обобщенную модель явлений. В настоящее время термин «общая теория систем» по предложению Л.Берталанфи трактуется в широком и узком смысле. Общая теория систем, понимаемая в широком смысле, охватывает комплекс математических и инженерных дисциплин, начиная с кибернетики и кончая инженерной психологией. Более узкое толкование термина связано с выбором класса математических моделей для описания систем и уровня их абстрактного описания.

Сложные саморганизующиеся системы относятся к особому классу систем и прежде всего из-за обладания свойствами самоорганизации. Изучение особенностей сложных саморганизующихся систем, выбор класса математических моделей, решение задач анализа и синтеза является актуальной научной задачей современности.

2.Основное содержание и результаты работы

Существуют некоторые общие принципы единой платформы для изучения технических, биологических и социальных систем**.** Возникновение и существование всех материальных систем в природе обусловлено эволюцией.

Важной особенностью эволюции систем является неравномерность, отсутствие монотонности. Периоды постепенного накопления незначительных изменений иногда прерываются резкими качественными скачками, существенно меняющими свойства системы. Обычно они связаны с так называемыми точками бифуркации — раздвоени-

ем, расщеплением прежнего пути эволюции. От выбора того или иного продолжения пути в точке бифуркации очень многое зависит, вплоть до появления и процветания нового мира

вещей, организмов, социумов или, наоборот, гибели системы.

Остановимся на некоторых из этих свойств, имеющих наиболее непосредственное отношение к теории самоорганизации. Самоорганизация являеся одной из форм организации систем. Процесс самоорганизации - это процесс самоструктурирования развивающихся систем. Одним из признаков такого процесса является отсутствие дополнительного привлечения системой энергии из вне в, т.е из окружающей среды.

Развитие системы — процесс закономерного изменения, перехода из одного состояния в другое, более «совершенное», от простого к сложному, «от низшего к высшему». Здесь имеется в виду «прогрессивное» развитие — поступательное «улучшение» в процессе развития. Для отдельных, даже очень больших систем и для больших промежутков времени по-настоящему объективны лишь смена качественных состояний и усложнение. Категории совершенства, низшего и высшего, худшего и лучшего слишком относительны и условны, чтобы характеризовать качество сложных систем в процессе развития. Правильнее говорить не столько о прогрессивном развитии, сколько об онтогенезе систем, об истории их индивидуального развития — от зарождения до конца существования.

Полный цикл развития любой конкретной системы включает пять основных этапов: возникновение, становление, зрелость, регрессивные изменения, ликвидация. На этапе становления система растет, расширяется, превращается в организованное целое. Зрелость — состояние системы, когда процессы организации и дезорганизации уравновешивают друг друга и когда перечисленные выше свойства достигают оптимального сочетания для установившихся внешних условий функционирования, обеспечивая высокую устойчивость, — это высшая точка жизненного цикла организации. В зрелом состоянии все передаточные функции системы работают в стабильном режиме.

Остановимся подробнее на некоторых свойствах, имеющих наиболее непосредственное отношение к теории организации.

Любая реальная система может быть представлена в виде некоторого материального подобия или знакового образа, т.е. соответственно аналоговой или знаковой моделью системы. Моделирование неизбежно сопровождается некоторым упрощением и формализацией взаимосвязей в системе. Эта формализация может быть осуществлена в виде логических (причинно-следственных) и/или математических (функциональных) отношений.

Структура в теории систем чаще всего рассматривается как упорядочение элементов системы, результат процесса организации. . В прямом смысле структура — это строение системы. Вне систем структур не существует. Посредством структуры реализуются свойства, обеспечивающие желаемое функционирование системы. Структура характеризует систему со стороны ее строения, конструкции, пространственно-временного расположения частей, устойчивых взаимосвязей.

В саморазвивающихся системах структура непрерывно меняется. В период самоорганизации систем структура усложняется, включаются новые связи, меняется пространственное расположение. При дезорганизации, напротив, связи ослабевают или исчезают, свойства элементов нарушаются, целостность системы уменьшается.

Эмергентность как степень несводимости свойств системы к свойствам отдельных элементов, из которых она состоит, по существу отрицает применимость редукции к сложным динамическим системам, к организациям. Сочетание двух или нескольких взаимодействующих элементов, свойств (качеств, потенциалов) любой системы в по-давляю¬щем большинстве случаев придает системе новое качество, отличающее систему от простой суммы независимых качеств ее элементов. Это свойство в теории организации

обозначают термином синергия — совместное действие

Выделение системы делит ее мир на две части — саму систему и ее среду. По характеру

связей, в частности, по возможности обмена веществом и энергией со средой в принципе мыслимы: изолированные системы (никакой обмен невозможен); замкнутые системы (невозможен обмен веществом); открытые системы (возможен обмен и веществом и энергией). В природе существуют и в теории организации рассматриваются только открытые системы. Системы, между внутренними элементами которых и элементами среды осуществляются переносы вещества, энергии и информации, носят название динамических систем.

Динамические системы эволюционируют в сторону усложнения организации и образования подсистем. При этом усиливаются такие эмергентные свойства (качества) системы, как управляемость и самоорганизация.

Действие системы во времени называют ее поведением. Вызванное внешним фактором изменение поведения обозначают как реакцию системы, а качественное изменение реакции системы, связанное с изменениями структуры и направленное на стабилизацию поведения, — как ее приспособление, или адаптацию. Закрепление адаптивных изменений структуры и связей системы во времени, при котором ее потенциальная эффективность увеличивается, рассматривается как развитие или эволюция системы.

Системно-информационный подход является новым научным направлением. В нем используются основные идеи теории информации применительно к развитию сложных самоорганизующихся систем на этапах их жизненного цикла.

С позиции методологии системно-информационного подхода все процессы в природе информационно взаимосвязаны. Эта взаимосвязь в виде когерентного поведения начинается с порога чувствительности одного процесса к другому. Одни процессы находятся в состоянии активности *(«видят друг друга»)* другие в состоянии пассивности *(не видят)*, это зависит от значений порогов чувствительности процессов друг к другу. В соответствии с этой теорией передача информации имеет направление, которому соответствуют конкретные для этого направления значения порогов чувствительности объектов. Когерентность процессов подразумевает стационарные величины отношения порогов чувствительности процессов при передаче информации одновременно в противоположные стороны.

Природу информации подавляющее большинство ученых связывают с всеобщим свойством материи, свойством по существу родственным с ощущением, свойством «отражения». Отражение – это результат воздействия одной материальной системы на другую, это воспроизведение в иной форме изменений (особенностей) одной системы в изменениях (особенностях) другой [1].

Закон элементарных отражений примем за аксиому на основании физических законов сохранения и развития.

Аксиома. Любое элементарное отклонение фундаментальных атрибутов влечет за собой элементарное отражение в универсуме $\Delta(m,e,i,t,r) \rightarrow \Delta I$, где $\Delta m, \Delta э, \Delta i, \Delta t, \Delta r$, – элементарные: масса, энергия, информация, время и пространство; ΔI – элементарное отображение.

Полное множество отражений категориальных атрибутов сложных систем в универсуме представлено в таблице 1.

Представленное полное множество отражений лежит в основе системно-информационного моделирования свойств систем и процессов в атрибутивном виде.

Представленные множества отражений по своей природе дискретные относительно наименьших порогов чувствительности категориальных атрибутов друг к другу. Такая дискретность обусловлена конечными значениями фундаментальных физических констант, которые связывают все процессы окружающего мира.

Таблица 1. Множество отражений категориальных атрибутов сложных систем

№	Атрибуты техносферы	Множество отражений категориальных атрибутов
1	Пространство (R^n)	$I\{f: R^n \rightarrow R^n\}$, $I\{f: R^n \rightarrow m\}$, $I\{f: R^n \rightarrow E\}$, $I\{f: R^n \rightarrow t\}$
2	Время (t)	$I\{f: t \rightarrow t\}$, $I\{f: t \rightarrow m\}$, $I\{f: t \rightarrow E\}$, $I\{f: t \rightarrow R^n\}$
3	Вещество (m)	$I\{f: m \rightarrow E\}$, $I\{f: m \rightarrow R^n\}$, $I\{f: m \rightarrow t\}$, $I\{f: m \rightarrow m\}$
4	Энергия (E)	$I\{f: E \rightarrow m\}$, $I\{f: E \rightarrow R^n\}$, $I\{f: E \rightarrow t\}$, $I\{f: E \rightarrow E\}$
5	Информация (I)	$I\{f: I \rightarrow I\}$, $I\{f: I \rightarrow m\}$, $I\{f: I \rightarrow E\}$, $I\{f: I \rightarrow t\}$

Немецкий физик М.Планк в начале XX века показал, что основные единицы измерения могу быть составлены из фундаментальных физических констант C=299792458 м/с, (скорость света); h=6,626075 10(-34)Дж с, (постоянная Планка); G=6,67259 10(-11) м(3) / кг с(2), (гравитационная постоянная) *Δl=1,6·10(-35)м, Δτ=5,4·10(-44)с, Δm=2,2·10(-8)кг, Δэ=1,22705·10(-38)Дж, Δi=0,6931471нит* –элементарные пороги отражений категориальных атрибутов.

Сформулируем основные концептуальные положения системно-информационного подхода (СИП) к развитию больших самоорганизующихся систем [2].

При разработке СИ-моделей преобразования вещества, энергии и информации на этапах жизненного цикла систем, принципиальным вопросом является определение отношения меры количества информации по Шеннону-Больцману (классическая теория информации связи) и СИП [3]. При известном законе распределения вероятности (наиболее часто используется закон нормального распределения) количество информации по СИП равно ,

$$J_{\text{сип}} == \sum_{i=1}^{k} (\ln X_i - \frac{J_{sh}}{p_i})$$

где JСИП – количество информации пр СИП; Jsh – количество информации по Шеннону;

Xi – физические номинальная величина –; p – вероятность проявления i - измерения;

n – количество измерений,

mi – количество измерений с i-тым размером.

Таким образом, количество информации действительного размера по системно-

информационному подходу равно количеству информации усредненного размера минус
количество информации по Шеннону-Больцману. Из проведенного анализа вытекает, что количество информации состоит из детерминированной и стохастической частей, а количество информации Шеннону-Больцману есть информация ошибки размера.

Информационный процесс протекает при устойчивой корреляционной связи между выходом и входом взаимодействующих систем.

СИП позволяет рассчитать качество и ценность информации свойств объектов.

Изменение состояния системы формируется посредством информационной связи между
взаимодействующими системами. Особенностью модели пространства свойств объектов заключается в структуризации параметров свойств систем во времени и пространстве, т.е. в структуризации проявления чувствительности свойств в пространстве и во времени [4].

Проведенный системно-информационный анализ позволил выявить закономерные связи свойств систем и ее информационных показателей.

1. Система обладает конечным количеством информации (потенциалом), которое объективно отражает количество элементарных отражений при ее развитии.

Любое развитие выражается через систему информационных отношений элементов системы между собой и внешней средой.

Система является более эффективнее, чем меньшим количеством информации, которой он владеет, обеспечивается ее целевое назначение.

2. Затраты внутренних и внешних ресурсов на создание систем когерентны с количеством информации в системе информационных отношений объектов, участвующих в процессе.

3. Показатели качества системы когерентны значениям потерь или излишка количества информации в системе информационных отношений ее элементов и среды.

4. Показатели эффективности систем когерентны значениям качества и ценности информации в системе информационных отношений ее элементов и среды.

Процесс самоорганизации проявляется в виде самоструктуризации систем, при этом преобразованию подвергаются значения категориальных атрибутов, которые отражают число возможных состояний системы. Можно сделать вывод, что система в определенных условиях стремится перейти в состояние с наименьшим количеством возможных состояний, так как большее количество состояний требует больше энергии для устойчивого равновесия системы.

Механизм самоорганизации, как природных, так и искусственных систем, лежит в глубинных свойствах самой материи и до конца не изучен. Для процессов и систем этот механизм может быть реализован на базе системно-информационных моделей, отражающих новое понимание термина «информация».

На основе вышеизложенных положений СИП сформулируем основные закономерности развития сложных самоорганизующихся систем.

1. Самоорганизация является одной из форм организации развивающихся систем, при которой система самоструктурируется без привлечения внешних информационных ресурсов.

2. В процессе самоорганизации структура системы стремится к состоянию минимального информационного потенциала (количество информации состояния системы) с сохранением ее целевых функций.

3.В основе процесса самоорганизации систем лежит принцип информационного согласования потенциалов состояний взаимосвязанных элементов при самоструктурировании системы.

4.Качество процесса самоорганизации систем тем выше, чем меньше потерь или излишка информации возникает в процессе ее самоструктуризации.

5. Эффективность процесса самоорганизации тем выше, чем: к меньшему информационному потенциалу пришло ее состояние при условии сохранения прежних и возникновения новых целевых функций системы.

Самоорганизация в искусственных системах реализуется посредством компьютерных технологий, алгоритмы которых разработаны на принципах самоорганизации. Системы подверженные процессу самоорганизации находятся в особом функциональном состоянии $F(AB)$, при котором состояние воздействующей системы X^A передается состоянию принимающей воздействие системы X^B, а значения информационных потенциалов $I(X^A)$ и $I(X^B)$ стремятся к минимуму

$$F(\mathrm{A,B}) = \mathrm{U^A}\sigma^{\mathrm{A}}\mathrm{X^A}\eta^{\mathrm{A}}\mathrm{Y^A}\theta U^B\sigma^{\mathrm{B}}\mathrm{X^B}\eta^{\mathrm{B}}\mathrm{Y^B}$$

$$F(\mathrm{A,B}) = \mathrm{X^A} \to \mathrm{X^B};\ldots I(X^A) = I(X^B);\ldots I(X^A) \to \min, I(X^B) \to \min.$$

Задачи самоорганизации относятся к задачам управления, которые реализуются адаптивными системами. Адаптивные системы с изменением параметров называются самонастраивающимися, а с изменением структуры и алгоритма управления – самоорганизующимися [5].

Модель объекта в пространстве состояний относится к моделям вход-состояние-выход с дополнительными условиями. Самоорганизующаяся система – это особое состояние адаптивной системы, на которые накладываются условия принципов самоорганизации.

Запишем функцию управления $F(AB)$ самоорганизующейся системы в информационном виде

$$\ln\frac{\dot{x}^B(t)}{\Delta\dot{x}^B(t)} = A\ln\frac{x^B(t)}{\Delta x^B(t)} + B\ln\frac{u^B(t)}{\Delta u^B(t)}$$

$$\ln\frac{y^B(t)}{\Delta y^B(t)} = C\ln\frac{x^B(t)}{\Delta x^B(t)} + D\ln\frac{u^B(t)}{\Delta u^B(t)},$$

$$\ln\frac{x^A(t)}{\Delta x^A(t)} = \ln\frac{x^B(t)}{\Delta x^B(t)}, \ln\frac{x^A(t)}{\Delta x^A(t)} \to \min, \ln\frac{x^B(t)}{\Delta x^B(t)} \to \min.$$

3.Заключение.

Представленные в статье системно-информационные закономерности развития сложных самоорганизующихся систем позволяют создавать модели и исследовать сис-

темы разной природы стандартными методами, которые хорошо разработаны и реализованы в современных компьютерных программах.

Список литературы.

1. Луцкий С.В. Теоретико-информационный подход к развитию технических систем / Луцкий С.В. // Вісник двигунобудування: Науково-технічний журнал. Запоріжський національний технічний університет. ВАТ "Мотор Січ". Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського "ХАИ". - Запоріжья ВАТ "Мотор Січ", №2(16)/2007.– С.28–33.

2. Луцкий С. В. Теоретические основы системно-информационного подхода к технологическим процессам и системам, (монография) /С. В. Луцкий – Харьков ХНАДУ 2008. – 238с.

3. Луцкий С.В. Роль информации в развитии интегрированных производственных систем машиностроения / Н.Э.Тернюк, С.В.Луцкий // Оборудование и инструмент. Международный информационно-технический журнал. -– Харьков. №5/105/2008. – С.146–150.

4. Луцкий С.В. Теоретические основы информационного подхода в технологии машиностроения /В.Е. Карпусь, С.В.Луцкий // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ. 2005.- Вип. 32. – С.130–144.

5. Ю.И.Медведев. Курс лекций по теории автоматического управления.Ч.1: /Медведев Ю.И./ Учеб.пособ. – Томск: Из-во Том. Ун-та. 2004г. – 110с.

S.V.Lutsky

INFORMATION SYSTEM-LAWS SIMULATION OF COMPLEX SELF-ORGANIZING SYSTEMS TECHNOSPHERE

The article deals with a set of basic scientific plants, terms and conditions of the theory of information system approach to the problems of modeling of complex self-organizing systems.

Key words: *self-organization, information, complex system modeling, analysis, synthesis.*

С.В.Луцький

СИСТЕМНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ САМООРГАНИЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТЕХНОСФЕРИ

У статті розглядається сукупність фундаменталь них наукових усановок, термінів та положень теорії системно-інформаційного підходу до завдань моделювання складних систем, що самоорганізуються.

Ключові слова: *самоорганізація, інформація, складна система, моделювання, аналіз, синтез.*

Надійшла до редколегії 18.06.2013 р.