

УДК 681.51
ББК 30.1

СЛОЖНЫЕ СЛАБОФОРМАЛИЗУЕМЫЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Щербатов И. А.¹, Проталинский О. М.²
(Астраханский государственный технический
университет, Астрахань)

В работе введено понятие сложной слабоформализуемой многокомпонентной технической системы. Показаны механизмы образования компонентных структур указанного класса систем, приведен способ описания компонент. Введено классификационное разделение компонент на активные и пассивные, сформулированы основные рациональные поведенческие признаки компонент. В качестве активной компоненты может выступать робот, а в качестве пассивной – слабоформализуемый технологический процесс.

Ключевые слова: компонента, сложная техническая система, неопределенность, организационная структура системы.

1. Введение

Вопросы анализа и синтеза сложных технических систем сопряжены с рядом трудностей. Эффективность применения универсальных или специальных методов анализа и синтеза указанного класса систем обусловлена возможностью отнесения их к тому или иному типу. Таким образом, выделение типа сложной системы на основе специфицированных уникальных признаков позволяет повысить эффективность моделирования и управления такими системами. Традиционные методы анализа

¹ Иван Анатольевич Щербатов, кандидат технических наук, доцент (sherbatov2004@mail.ru).

² Олег Мирославович Проталинский, доктор технических наук, профессор (prot@astu.org).

сложных технических систем подразумевают выделение подсистем внутри системы и описание связей между ними. Получение точного описания типа подсистемы и выделение признаков, позволяющих ее идентифицировать, является крайне актуальной задачей для получения точного описания сложной технической системы, поведение коалиции подсистем которой не будет существенным образом отличаться от оригинала [4].

Существует значительное число публикаций, в которых с различных позиций дается определение термину *сложная система*. Например, в [13] указывается на существенные трудности по описанию, пониманию, предсказанию, управлению, проектированию и изменению сложных систем. В [11] предлагается наряду с числом элементов, силой их взаимодействия, изменчивости и разнообразия учитывать также цели деятельности системы. Кроме того, существует значительное число классификационных делений сложных систем [2].

Сложная техническая система – сложная система, включающая в себя технический (технологический) процесс [12, 15]. Признаки *слабоформализуемых сложных технических систем* введены в [7].

В данной работе вводится новое свойство сложной слабоформализуемой технической системы (ССТС) – *многокомпонентность*, т.е. наличие некоторой специфической коалиции структурных элементов.

Термин *компонента* при анализе и синтезе сложных систем используется в различных контекстах. Например, в [2] компонента – совокупность однородных элементов системы, не обладающая свойствами системы.

Кроме того, существует определение компоненты как объекта классического анализа, используемого при имитационном моделировании, т.е. данный термин относится не к системам, а к их модельному представлению [1].

В этой связи крайне важно определить термин *компонента* применительно к классу сложных слабоформализуемых многокомпонентных технических систем.

Целью данной работы является выделение слабоформализуемых многокомпонентных технических систем как отдельного класса сложных систем.

2. Сложная слабоформализуемая техническая система

Существует ряд основных признаков сложных систем. Основным признаком является развитая уровневая структура взаимодействия подсистем и элементов внутри подсистем. Современные сложные системы являются многомерными, нелинейными и многосвязанными. Поэтому становится возможным выделить свойств, возникающих при системном анализе таких систем, их моделировании и синтезе систем управления ими:

- развитая уровневая псевдоиерархичность, когда взаимодействие происходит не только сверху вниз, но и наоборот, в связи с чем возникает потребность в реализации адаптивных, в том числе интеллектуальных систем управления с изменяемой структурой (свойство А1);

- множественность описания, фиксирующая зачастую огромное число вариантов математического описания сложных систем, а значит, требует применения высокоскоростных методов и алгоритмов ранжирования и выбора возможной реализации модели системы (системного описания) (свойство А2);

- различные виды неопределенности, которые зачастую выливаются в слабопрогнозируемые динамические процессы, возникающие в сложной системе в результате взаимодействия подсистем (свойство А3);

- присутствие синергетического эффекта [5], приводящее к многовариантности поведения подсистем и элементов подсистем (свойство А4).

Таким образом *ССТС* – сложная техническая система, обладающая признаками А1, А2, А3 и А4, функционирующая в условиях неопределенности, обусловленной действием двух факторов: невозможностью получения данных (свойство А3.1) и принципиальным незнанием закономерностей протекания процесса (свойство А3.2).

Незнание закономерностей протекания процесса определяется неопределенностью структуры (свойство А.3.2.1) и неопределенностью цели (свойство А.3.2.2). Неопределенность вида А.3.2.1 приводит к тому, что процесс построения математической модели крайне сложен (не возможен в ряде случаев). Не-

определенность вида А.3.2.2 характеризует отсутствие возможности сформулировать цель.

3. Понятие компоненты

В [1] введено понятие *компоненты* применительно к реализации замкнутой, изолированной от внешнего мира модели для целей имитационного моделирования. То есть *компонента*-подсистема, не допускающая (не требующая) дальнейшей декомпозиции для целей моделирования, а совокупность таких компонент образует модель рассматриваемой ССТС. Устройство компоненты похоже на объект классического анализа и обладает характеристиками, событиями и методами, однако несколько модифицированными.

Понятие компоненты в рамках данной работы используется для описания не моделей ССТС, а их организационных структур, т.е. осуществляется переход к рассмотрению слабоформализуемых многокомпонентных технических систем (МС).

Компонента – множество элементов ССТС, образующих единую элементарную структуру для достижения некоторой локальной цели в процессе ее функционирования [9].

Таким образом, возникает еще одно крайне важное интегративное вариативное свойство ССТС – *многокомпонентность* (А5). Наличие данного свойства в ССТС генерирует новый класс ССТС – МС. Наличие данного аспекта, являющегося крайне важным в системно-синергетической парадигме рассмотрения ССТС, не позволяет рассматривать ССТС с позиций классического системного анализа. Многокомпонентность приводит к необходимости разработки новых концептуальных принципов системного анализа таких систем [10].

Сложная слабоформализуемая многокомпонентная техническая система – это сложная система, обладающая кортежем свойств $\langle A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 \rangle$ и образованная ограниченным множеством компонент $S = \{K_1, K_2, \dots, K_l\}$.

При системном анализе одной МС число образованных в ее составе компонент может различаться ($l = var$). А значит, различные варианты объединения элементов МС в компоненты

постулируют проблему множественности компонентного описания МС.

Компонента обладает рядом характерных признаков, которые должны быть описаны при ее выделении в МС:

$$(1) K = \{(X, Y, W), P_{ij}, M_k, I, L, T, N\}$$

где X – входные, Y – выходные и W внутрикомпонентные переменные; P_{ij} – связи между элементами в компоненте; M_k – механизмы образования связей; I – цель образования (функционирования) компоненты; L – уровень вложенности – элементарная или составная (образованная совокупностью элементарных компонент); T – тип, формализуемая (с помощью регулярных методов), слабоформализуемая (с помощью методов искусственного интеллекта), не формализуемая (в силу ряда причин не поддающаяся описанию с помощью известных методов); N – тип неопределенности, (статистические и не статистические), в которых функционирует компонента.

4. Компоненты и подсистемы

Обособление компоненты не только как важной составляющей понятийного аппарата выделяемого класса сложных слабоформализуемых систем, но и структурной единицы процесса функционирования МС требует существенно более пристальное внимание уделить раскрытию коренных отличий термина «компонента» от термина «подсистема» применительно для целей системного анализа МС. Для удобства представим различия в табличной форме (таблица 1).

Таблица 1. Различия между «подсистемой» и «компонентой»

	Подсистема	Компонента
Образование на этапе жизненного цикла системы [6]	Проектирование	Функционирование
Наличие цели/подцели (наличие свойств системы) [2]	Да	Да

	Подсистема	Компонента
Ограниченная интеллектуальность	Выделение не подразумевается	Учитывается при формировании компоненты и принятии решения
Реорганизация и модификация структуры	Нет	Да, с учетом изменения/коррекции глобальной цели
Применимость к модельному представлению [1]	Да	Да
Учет механизмов образования структурной единицы [10]	Нет	Да
Образование на основе типа неопределенности	Нет	Да
Однородность информационных связей	Не всегда	Да

5. Карта компоненты

Для реализации модельного представления компоненты в форме табличного описания по результатам системного анализа реализована оригинальная табличная структура – карта компоненты. Структура карты компоненты МС представлена в таблице 2.

В карте компоненты фиксируются связи между элементами, формирующими компоненту, а также приводятся описания самих элементов. Кроме того, приводятся описания механизмов образования связей между элементами внутри компоненты. Наряду с целью образования компоненты, другие виды целей можно разделить на подцели и привести графическое изображение дерева целей с указанием вложенности и описания. В предложенной форме карты компоненты должен быть также указан уровень вложенности компоненты и тип, к которому она относится. Полученная таким образом карта может применяться для построения математической модели компоненты и ее реализации в виде имитационной модели. Переменные разделяются на два вида – количественные

(X, Y, W) и качественные (X^*, Y^*, W^*) , формализуемые с помощью методов искусственного интеллекта.

Таблица 2. Карта компоненты

Переменные		Уровень вложенности L	Элементарная/составная
Тип	Название переменной		
Входные X, X^*	$x_1 - \dots;$ $x_1^* - \dots$	Тип T	формализуемая/слабоформализуемая/ не формализуемая
Выходные Y, Y^*	$y_1 - \dots;$ $y_1^* - \dots$		
Внутрикомпонентные W, W^*	$w_1 - \dots;$ $w_1^* - \dots$	Иерархия целей I	
Связи между элементами внутри компоненты P_{ij}		Графическая структура	Описание целей
Графическая структура	Описание элементов		$I_{11} - \dots$ $I_{21} - \dots$
	$\mathcal{E}_{11} - \dots$ $\mathcal{E}_{21} - \dots$		
Механизмы образования связей M_k		Тип неопределенности	
Связь	Механизм образования	Статистическая	$N_{11} - \dots$
$\mathcal{E}_{11} - \mathcal{E}_{21}$...	Не статистическая	$N_{21} - \dots$

6. Понятие компонентной структуры

Введенное понятие компоненты и МС неразрывно связано с множественностью организационных структур, которые могут варьироваться в зависимости от целей системного анализа, моделирования или управления.

Взаимодействие внутри класса МС осуществляется на основе типовых организационных структур. С позиций синергетического подхода это означает, что существует некоторое ограниченное множество устойчивых состояний ССТС. Дадим определение организационной структуры внутри ССТС.

Организационная структура – совокупность взаимодействующих подсистем внутри ССТС и механизмов образования связей между ними. Организационная структура образованная более чем двумя обособленными подсистемами является сложной в смысле множественности связей между подсистемами:

$$(2) OS = \langle (S_1, \dots, S_j), P_{ij}(S_{ij}), M_k(P_{ij}) \rangle$$

где OS – сложная организационная структура ССТС (понятие введено по аналогии с [3]); s_j – подсистема внутри ССТС; P_{ij} – связь между i -й и j -й подсистемами; M_k – механизм образования связей P_{ij} .

С учетом (1) введем понятие *компонентной структуры* MC – совокупность взаимодействующих компонент внутри MC и механизмов образования связей между ними:

$$(3) KS = \left\{ (K_1, K_2, \dots, K_l), P_{ij}(K_{ij}), M_k(P_{ij}) \right\}$$

Для раскрытия понятия компоненты и формулирования доказательной базы целесообразности использования понятия компоненты в сложных системах приведем механизмы образования компонентных структур.

Необходимость выделения в составе MC структурных образований, отвечающих определению компоненты, обусловлена удобством представления для целей управления. На этапе проектирования выделяются и анализируются подсистемы MC , которые в процессе ее функционирования будут образовывать новые структурные формации (компоненты), отвечающие требованиям общности на основе единой цели или однотипной неопределенности. Таким образом, если в процессе функционирования удастся выделить компонентную структуру, состоящую из однотипных компонент, то управления MC становится значительно эффективнее. Покажем данный аспект на примере образования компонентных структур, состоящих из двух типов компонент.

7. Образование компонент и компонентных структур в MC

Компонента $K = \{e_{ij}\}$ есть множество элементов $e_{ij} \subset S$, входящих в различные подсистемы s_j и образующих единую

структуру. Компоненты – организационные структуры, которые формируются в МС двумя возможными способами:

- объединение части элементов одной подсистемы $K = \{e_{ij}\}$, где $j = const$ – номер подсистемы, а i – индекс элемента в подсистеме подсистемы s_j , $i \leq \gamma$ (γ – мощность множества элементов подсистемы s_j);

- объединение элементов подсистем $K = \bigcup_j \{e_{ij}\}$, где $j = var$ – номер подсистемы, а i – показывает номер элемента подсистемы s_j , $i \leq n$ (n – число подсистем в S).

Объединение элементов подсистем и образование компонент в процессе функционирования происходит двумя возможными способами: для достижения единой цели; на основании агрегирования элементов системы по типу неопределенности.

Образование компонент на основании единой цели происходит следующим образом. Пусть в МС S имеется j локальных целей (j – число компонент), достижение которых позволяет достигать глобальную цель I .

В случае изменения глобальной цели МС происходит коррекция локальных целей, которая приводит к изменению структурной организации системы и образованию компонент. При этом в общем случае $j \neq l$, где l – число вновь образованных компонент. Стоит отметить, что элементы подсистем образуют компоненты таким образом, чтобы они совместно позволяли достигать единую локальную цель.

Объединение компонент на основе типа неопределенности основано на предположении, что для перевода МС в целевое состояние и обеспечения устойчивости этого состояния ряд подсистем и их элементов могут образовывать структуры, на составные части которых действуют схожие по своей природе неопределенности. Поэтому устранение или компенсация некоторого вида неопределенности в двух компонентах значительно сложнее, чем внутри одной компоненты. Образование компонент на основе типа неопределенности происходит следующим образом.

Пусть в исходной МС существуют 2 компоненты – k_1 и k_2 . Допустим, что элементы исходных компонент $e_{1i} \rightarrow k_1$ и $e_{2i} \rightarrow k_2$

обладают свойством структурной неопределенности, а значит, этим свойством обладают и сами компоненты. Тогда для устранения данного вида неопределенности, который влияет на обе компоненты, возможно образование новой организационной структуры, состоящей из компонент \overline{k}_1 и \overline{k}_k , одна из которых (\overline{k}_1) свойством структурной неопределенности не обладает.

Компоненты находятся во взаимодействии между собой и внешней средой, реализуя это взаимодействие посредством организационных отношений. Одним из ключевых аспектов является устойчивость организационной структуры МС. При этом взаимное расположение компонент может изменяться, но эта модификация не должна нарушать связи, обеспечивающие функционирование МС для выполнения предусмотренных потребительских функций и достижения глобальной цели.

8. Устойчивость компонентной структуры МС

Под *устойчивостью* в общем случае понимается возможность компонентной структуры МС перейти в другую компонентную структуру, не нарушая связей и не порождая новых свойств и отношений, при любом изменении входных величин $x \in X$, поступлении возмущающих воздействий $f \in F$ и влиянии неопределенностей $\zeta \in Z$.

Таким образом,

$$\forall x \in X, f \in F, \zeta \in Z \exists u \in U : KS' \xrightarrow{u} \overline{KS} \rightarrow I,$$

где u – управляющее воздействие, переводящее систему в целевое устойчивое состояние и корректирующее ее компонентную структуру $KS' \xrightarrow{u} \overline{KS}$ для достижения глобальной цели I .

Поэтому обеспечение инвариантности МС по отношению к влиянию имеющихся неопределенностей различных типов обеспечит ее устойчивость при условии, что возмущающие воздействия компенсируются системой управления.

Коммуникационные возможности между компонентами МС обеспечиваются за счет связей. Сделаем два замечания.

Замечание 1. Компонентная структура типа «компонента – компонента» является простейшей.

Замечание 2. Особенности взаимодействия простейших компонентных структур могут быть распространены на любое число взаимодействующих компонент.

Особенности организационного взаимодействия компонент в составе компонентных структур заключаются в вариативности свойств элементарных актов воздействия компонент друг на друга, могут возникать ранее не рассматривавшиеся свойства, что приводит к появлению синергетического эффекта внутри МС.

Поэтому каждую компоненту можно отнести к типу активных или пассивных в поведенческом смысле. Это означает, что именно поведение технической системы внутри организации компонент, образующих единое целое, влияет на ее принадлежность к тому или иному типу.

9. Типы компонент и компонентных структур

Активная компонента – техническая система, обладающая признаками рационального поведения, осознанного планирования действий и реализации этого плана (таблица 3).

В сравнении с человеком-оператором, который может также присутствовать как отдельная составляющая (для упрощения может рассматриваться в качестве условной компоненты), активная компонента обладает ограниченной самостоятельностью. При этом переход к рассмотрению человека в составе компоненты потребует формализации компоненты как моноэнергетической системы, что может существенным образом затруднить вопросы анализа МС, поэтому при рассмотрении типовых компонентных структур оператор выделяется как самостоятельная единица организационного взаимодействия.

Таблица 3. Признаки рационального поведения компонент

Признак	Примечание
Наличие органов технического зрения и сенсорного очувствления	Позволяет строить сенсорные карты среды с выбранным временным интервалом

Признак	Примечание
Наличие механизма понимания сенсорной карты и распознавания сложившейся ситуации	Распознавание образа сложившейся ситуации с учетом имеющейся неопределенности
Умение формировать план поведения с учетом имеющейся сенсорной карты	Позволяет исключить влияние неопределенности на поведение подсистемы
Наличие механизма реализации плана поведения	Адаптация в меняющихся внешних условиях

Пассивная компонента – техническая компонента, не обладающая признаками рационального поведения.

Разбиение компонент внутри МС строго на два типа (активную и пассивную) обеспечивает рассмотрение разнородных подсистем не с классических позиций непрерывного и дискретного производства в статическом или динамическом режимах, а с позиций интеллектуальных самоорганизующихся систем с заданным поведением. Это обеспечивает переход к рассмотрению поведенческих аспектов технических систем, обладающих рациональными поведенческими признаками. Термин рациональный в данном случае характеризует способность компоненты варьировать стратегию поведения в составе компонентной структуры МС с учетом изменяющихся условий внешней среды.

Например, в качестве активной компоненты МС может выступать робототехническая система [8], а в качестве пассивной слабоформализуемый технологический процесс (СФТП) [7] (рис. 1).

В самом общем случае существует 5 вариантов простейшего взаимодействия компонент внутри компонентных структур МС: «пассивная компонента – пассивная компонента»; «оператор – пассивная компонента»; «пассивная компонента – активная компонента»; «активная компонента – активная компонента»; «оператор – активная компонента».

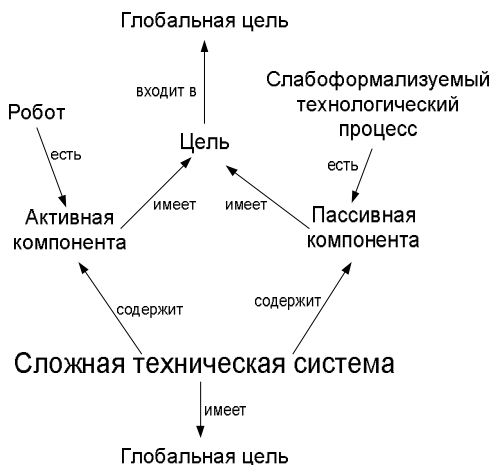


Рис. 1. Семантическая схема МС

10. Применение предложенного подхода

Рассмотрим проблему анализа сложной системы и ее отношение к классу МС. На принадлежность той или иной сложной технической системы к классу МС оказывает существенное влияние взаимное расположение компонент друг относительно друга внутри ограниченного пространства образующего МС с учетом направленности и силы взаимного влияния внутрисистемных связей, порождающих межкомпонентные и межэлементные отношения.

Покажем влияние наличия различных рациональных поведенческих признаков на степень интеллектуальности компонент выделенных видов (табл. 4).

В [14] введен показатель, характеризующий степень интеллектуальности компонент $\gamma \in [0, 1]$. Чем выше значение γ , тем большее количество признаков интеллектуальности присутствует у компоненты, что позволяет отнести ее к типу активных компонент.

Таблица 4. Признаки интеллектуальности компонент

Активная компонента	Признаки рационального поведения				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Слабоформализуемый технологический процесс					
Гибкая автоматизированная линия					
Сварочный робот					
Мобильный робот					
Группа роботов					

Степень интеллектуальности γ :

$$(4) \quad \gamma = \frac{\sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^m w_i \rho_i^j}{l}$$

где $\rho_i^j = \begin{cases} 1, \text{признак присутствует,} \\ 0, \text{признак отсутствует;} \end{cases}$ w_i – степень важности (вес)

i -го признака, $\sum_i w_i = 1$.

Степень интеллектуальности позволяет выделять компоненты и элементы, которые могут функционировать самостоятельно (на данном технологическом этапе развития эта самостоятельность не может быть полной), сообразно с необходимостью достижения общей цели МС.

Пусть имеется 5 рациональных поведенческих признаков, обладающих одинаковым весом $w_i = 0, 2$, $i = 1, \dots, 5$ (таблица 3). Тогда для компонент, указанных в таблице 3 величина γ будет равна: $\gamma_1 = 0$; $\gamma_2 = 0,2$; $\gamma_3 = 0,4$; $\gamma_4 = 0,8$; $\gamma_5 = 1$.

11. Заключение

Противоречие, заключающееся в том, что МС являясь сложной системой, не может быть формализована с помощью методов, разработанных для сложных систем в классическом понимании, должно быть разрешено на основании разработки и

применения новых (модифицированных) методов. Данные методы должны быть реализованы для учета свойства многокомпонентности.

На основании введенного понятия компонентной структуры МС возможно описать типовые компонентные структуры, а также их взаимодействие для целей математического моделирования и управления МС. Выделение обособленных компонент в компонентной структуре МС позволяет формализовать подходы для системного анализа рассматриваемого класса сложных систем [10], что значительно повышает эффективность построения и реализации систем управления ими.

Подходы, описанные в статье, позволяют перейти к разработке компонентного подхода для целей математического моделирования и синтеза методов управления, в том числе группового, компонентами в рамках компонентных структур МС.

Литература

1. БРОДСКИЙ Ю.И., ПАВЛОВСКИЙ Ю.Н. *Разработка инструментальной системы распределенного имитационного моделирования* // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2009. – №4. – С. 9–21.
2. ВОЛКОВА В.Н., ДЕНИСОВ А.А. *Теория систем и системный анализ*. – М.: Изд. Юрайт, 2010. – 680 с.
3. ГУБКО М.В., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Классификация моделей анализа и синтеза организационных структур* // Управление большими системами. – 2004. – №6. – С. 5–21.
4. ДУБОВ В.М., КАПУСТЯНСКАЯ Т.И., ПОПОВ С.А., ШАРОВ А.А. *Проблематика сложных систем (концептуальные основы модельных представлений)* / Под общ. ред. С.А. Попова. – СПб.: «Элмор», 2006. – 184 с.
5. КОЛЕСНИКОВ А.А. *Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного синтеза*. – М.: КомКнига, 2006. – 240 с.
6. ОСТРОВСКИЙ Г.М., ВОЛИН Ю.М. *Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и*

- оптимизация: учебное пособие.* – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 319 с.
7. ПРОТАЛИНСКИЙ О.М. *Применение методов искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов*: Моногр. / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. – 184 с.
 8. ЩЕРБАТОВ И.А., ПРОТАЛИНСКИЙ И.О. *Исследование эффективности группового управления роботами методом имитационного моделирования* // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – №4(50). – С. 34–37.
 9. ЩЕРБАТОВ И.А. *Понятие компоненты слабоформализуемой многокомпонентной технической системы* // Сб. трудов XXV Междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях ММТТ-25». Т.8. – Волгоград: Волгогр. гос. техн. ун-т, 2012. – С. 207–209.
 10. ЩЕРБАТОВ И.А. *Концепция системного анализа сложных слабоформализуемых многокомпонентных систем в условиях неопределенности* // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – №2. – С. 28–35.
 11. BAR-YAM YANEER. *About engineering complex systems: Multiscale analysis and evolutionary engineering* // Engineering self-organizing systems: methodologies and applications. – 2005. – Vol. 3464. – P. 16-31.
 12. HUBKA V., EDER W.E., *Theory of Technical Systems.* – Berlin: Springer-Verlag, 1988. – 132 p.
 13. MAGEE C., DE WECK O.L., *Complex System Classification* // Fourteenth Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (INCOSE), Toulouse, France, June 20-24, 2004. – P. 24–42.
 14. SHCHERBATOVA I.A. *Classification of pure formalized complex multicomponent technical systems under conditions of uncertainty* // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Серия: «Управление, вычислительная техника и информатика». – 2012. – №2. – С. 9–13.

15. SIMON H. *The Sciences of the Artificial*. – Cambridge, MA: The MIT Press, 1982. – 217 p.

COMPLEX ILL-FORMALIZABLE MULTICOMPONENT TECHNICAL SYSTEMS

Ivan Shcherbatov, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Cand.Sc., assistant professor (sherbatov2004@mail.ru).

Oleg Protalinskiy, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Doctor of Science, professor (prot@astu.org).

Abstract: We suggest a concept of a complex ill-formalizable multi-component technical system. For such systems we reveal mechanisms of organization structure formation and introduce the method for components' description. We suggest classifying components into active and passive ones and explain main rational behavioral features of components. Examples of an active component (a robot) and a passive component (an ill-formalizable technological process) are given.

Keywords: component, complex technical system, uncertainty, organization structure of the system.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии Д.А. Новиковым*

*Поступила в редакцию 14.12.2012.
Опубликована 30.09.2013.*