

УДК 621.01

Н.Э. Тернюк¹, д-р техн. наук,
С.В. Луцкий¹, канд. техн. наук,
А.В. Беловол², канд. техн. наук

¹Международная Академия наук и инновационных технологий, Украина

²Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков
тел. (057) 730-10-78, E-mail: annabel731@gmail.com

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены вопросы, связанные с определением классификационных признаков самоорганизующихся технологических систем. Установлено, что вид систем определяется их сферой применения, предназначением и реализуемыми функциями, а тип – видом физических (химических, биологических) эффектов – принципов действия.
Ключевые слова: признаки, самоорганизация, технологические системы, классификация, модели, фазовые циклы.

Введение

Природная самоорганизация как явление давно известно человечеству [1]. Она часто наблюдается в повседневной жизни и используется в ряде отраслей деятельности как один из организационно-физических принципов. Однако, только с развитием автоматизации и появлением средств искусственного интеллекта стало возможным целенаправленно создавать самоорганизующиеся технологические системы.

Для решения задач анализа, формализованного синтеза, систематики и классификации, эффективного применения и развития самоорганизующихся технологических систем необходимо знать их классификационные признаки.

Рассмотрению отдельных вопросов самоорганизации технологических систем посвящено множество публикаций, среди которых [1, 2, 3]. Выявлены условия самоорганизации [4], исследованы модели фазовых циклов общего инновационно-инвестиционного цикла, в пределах которых должны выполняться эти условия [5]. Однако, до настоящего времени не выделены возможные классификационные признаки самоорганизующихся технологических систем, что затрудняет решение задач синтеза их структур.

Цель статьи – обоснование общих классификационных признаков самоорганизующихся технологических систем.

Основное содержание и результаты работы

В связи с не ограниченностью числа характеристик и иерархичностью технологических систем, задача выделения общих классификационных признаков не имеет однозначного решения. Поэтому для сужения возможных вариантов при обосновании классификационных признаков самоорганизующихся систем можно учесть, что современное понятие системы [6] выделяет кластер базовых атрибутов технических объектов согласно данным таблицы 1, а также разделяет ее функции на основные, управленческие и вспомогательные.

Сферу применения и предназначение технических объектов можно рассматривать как внешнюю – надсистемную – часть атрибутов по отношению к системе. Функции, принципы действия, процессы, структуры и параметры являются

внутренними атрибутами системы. Внешние и внутренние атрибуты вместе обеспечивают полноту информации о системе. Этим отражается главное свойство системы – её целостность и обусловливается согласованность системы с надсистемой и подсистемами.

Таблица 1. Кластер базовых атрибутов технических объектов

№ п/п	Существенные атрибуты технических объектов
1.	Сфера применения
2.	Предназначение
3.	Функции
4.	Кластеры физических, химических или биолог-их эффектов (принципы действия)
5.	Процессы функционирования и развития
6.	Структура
7.	Дискретно-вероятностная информация структур
8.	Параметры
9.	Дискретно-вероятностная информация параметров

Самоорганизующимися технологическими системами можно считать такие системы, которые способны выполнять основные, управленческие и вспомогательные функции без вмешательства человека на заданных фазовых циклах техники.

Для технологических систем, включающих подсистемы подготовки технических средств, типичными являются фазовые циклы, в которых реализуются функции, связанные с синтезом идей, научными исследованиями, маркетингом, интеллектуальной деятельностью D , разработкой объекта, созданием знаковых моделей – проектированием P , изготовлением I , сертификацией C , сбытом $З$, наладкой H и обучением T , функционированием (эксплуатацией) Φ , а также обслуживанием O , ремонтом P , модернизацией M и утилизацией L .

Фазовые циклы и циклы более высоких уровней структурированы. Учитывая принцип вложения, общую систему иерархии циклов, начиная от фазового и заканчивая полихронным, можно представить в виде модели, показанной на рис. 1.

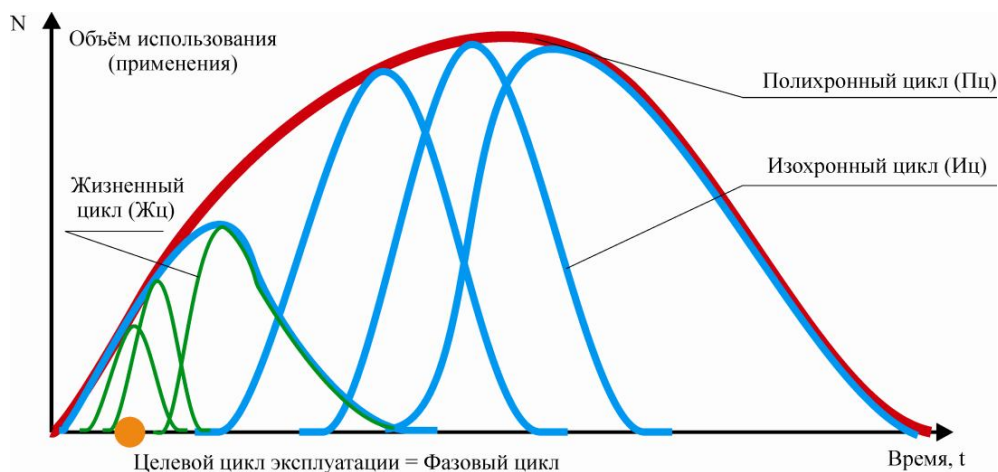


Рис. 1. Модель общей системы иерархии временных циклов

В табл. 2 приведено соответствие между видами циклов и техническими образованиями.

Таблица 2. Соответствие между видами циклов и техническими образованиями

Виды циклов	Системные технические образования	Подсистемные технические образования
Полихронный	Множество типов техники	Виды техники
Изохронный	Множество классов техники	Типы техники
Жизненный	Множество групп техники	Классы техники
Фазовый	Множество подгрупп техники	Группы техники

Целевым фазовым циклом является цикл функционирования (эксплуатации) Φ . Его реализация обеспечивает достижение цели создания и применения системы. Однако, это может осуществляться различными путями.

Пути обеспечения требуемых свойств системы определяются набором тех технических и знаниевых (информационных) средств, которые реализуют целевой и другие фазовые циклы жизненного цикла техники и включаются в состав самоорганизующейся системы определённого иерархического уровня. Применяя метод последовательного усложнения, начиная с простейшего, можно выделить пути обеспечения заданных свойств системы, приведенные в таблице 3.

Таблица 3. Пути обеспечения заданных свойств системы

Наименование пути обеспечения требуемых свойств системы	Модели путей (реализуемые фазовые циклы ЖЦ технических средств)
Использование имеющихся средств без переобучения и переналадки	Φ
Использование имеющихся средств с переобучением	$T+\Phi$
Использование имеющихся средств автоматике с переналадкой	$H+T+\Phi$
Использование имеющихся средств с ремонтом	$P+H+T+\Phi$
Использование имеющихся средств с модернизацией	$M+H+T+\Phi$
Изменение типа имеющихся средств в рамках существующего типа техники	$\Pi+I+C+H+T+\Phi$
Изменение вида имеющихся средств в рамках существующего вида техники	$\Pi+I+C+H+T+\Phi$
Изменение типа имеющихся средств в рамках инновационного типа техники	$D+\Pi+I+C+H+T+\Phi$
Изменение вида имеющихся средств в рамках инновационного вида техники	$D+\Pi+I+C+H+T+\Phi$
Общее преобразование системы	L

Выбор оптимального пути обеспечения требуемых свойств системы определяется техническим заданием, возможностями технологии, а также мировым порогом знаний в области естественных и технических наук.

Сфера применения, предназначение и функции для технологических систем как целевых объектов являются детерминированными. Первый атрибут является главным определителем среды, в которой будет функционировать технологическая система. Второй – определяет общие требования к функциям системы. Собственно третий атрибут – функции – определяемые на этапе социогуманитарного синтеза системы, являются классификационным признаком вида собственно технологических систем. Следующий по степени общности атрибут – принципы действия, вытекающие из применяемых физических (химических, биологических) эффектов – является классификационным признаком типа таких систем.

Исходя из путей обеспечения заданных свойств системы, можно выделить классы самоорганизующихся технологических систем согласно данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4. Классы самоорганизующихся технологических систем

Наименование пути обеспечения требуемых свойств системы	Классы самоорганизующихся технологических систем
Использование имеющихся средств без переобучения и переналадки	-
Использование имеющихся средств с переобучением	самообучающиеся
Использование имеющихся средств автоматикой с переналадкой	самопереналаживающиеся
Использование имеющихся средств с ремонтом	самовосстанавливающиеся
Использование имеющихся средств с модернизацией	само модернизирующиеся
Изменение типа имеющихся средств в рамках существующего типа техники	самоорганизующиеся традиционными типами техники
Изменение вида имеющихся средств в рамках существующего вида техники	самоорганизующиеся традиционными видами техники
Изменение типа имеющихся средств в рамках инновационного типа техники	самоорганизующиеся инновационными типами техники
Изменение вида имеющихся средств в рамках инновационного вида техники	самоорганизующиеся инновационными видами техники
Общее преобразование системы	самоликвидирующиеся

Поскольку каждому реализуемому фазовому циклу ЖЦ технических средств ставится в соответствие своя подсистема, каждому классу самоорганизующихся технологических систем соответствует своя общая структура. В зависимости от видов общих структур можно выделить группы самоорганизующихся технологических систем в рамках их классов.

Основные структурные отличия определяются уровнем технизации вспомогательных функций систем, входящих в триаду базовой функции, определяющей класс самоорганизующейся технологической системы. Например, вспомогательной функцией для функции переобучения является функция пополнения знаний. Если эта функция автоматизирована, то это будет признаком группы самообучающихся систем с автоматическим пополнением знаний. Если

автоматизирована вспомогательная функция для функции переналадки, это может быть группа трансформерных самопереналаживающихся технологических систем.

Поскольку в технологических системах возможно совмещение функций подсистем, выполняющих основные и вспомогательные функции [7], классификационные признаки дальнейших иерархических уровней и направлений могут выделяться как по функциональному (процессному), так и по объектному (предметному) вариантам.

Главным отличием высокотехнизированных самоорганизующихся технологических систем от широко используемых гибких технологических систем, способных переналаживаться в автоматическом режиме, является способность системы самомодернизироваться или самоперестраиваться. Это может существенно изменять функциональные и качественные характеристики системы. Вместе с тем, это усложняет и удорожает систему. Для компенсации возникающих экономических потерь следует повышать производительность труда. Примером может служить самоорганизующаяся технологическая система для механической обработки деталей типа «диск» на токарных станках [7]. Система реализует 3-й путь (модернизация). Иерархический уровень системы - автоматическая линия (АЛ). АЛ предназначена для обработки заготовок деталей различных типоразмеров. На рисунке 2 показаны варианты функциональной структуры линии.

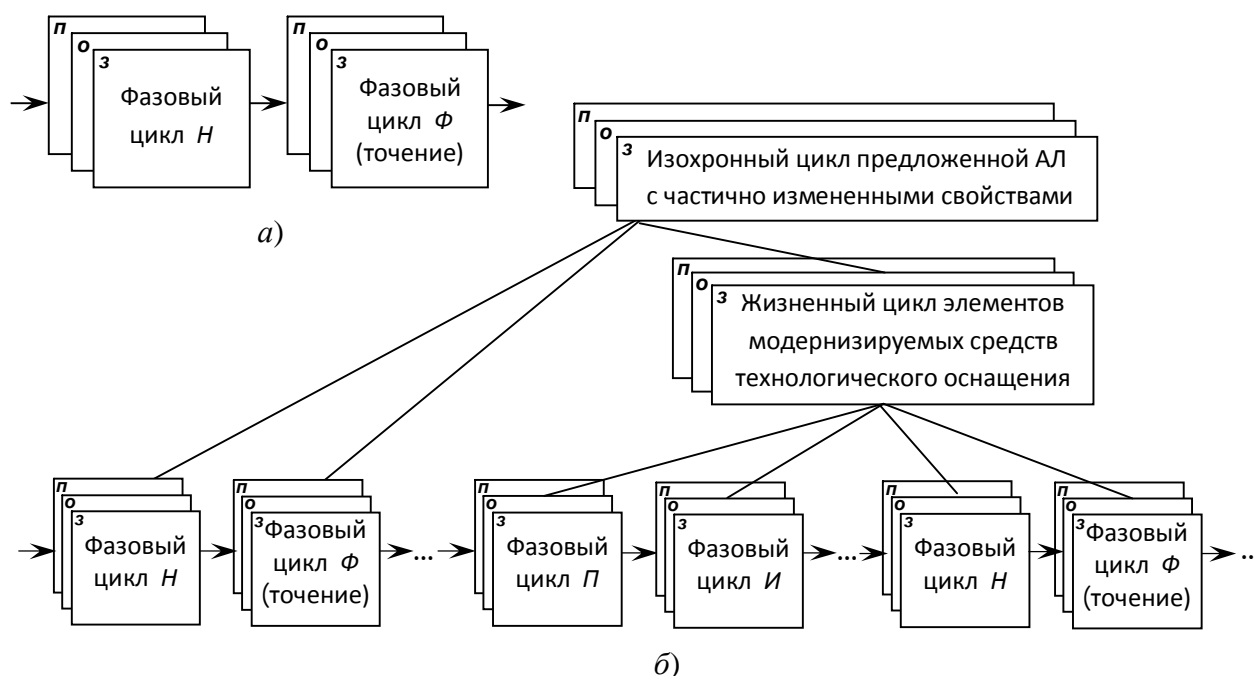


Рис. 2. Функциональные структуры существовавшей и модернизированной АЛ

Первый (рис. 2,а) обеспечивает автоматическую переналадку станков и токарную обработку деталей, а второй (рис. 2,б) – дополнительно обеспечивает реализацию элементов (отдельных функций) самомодернизации АЛ за счет изготовления, установки и использования сменных элементов установочно-зажимных приспособлений токарных станков для обеспечения базирования и зажима детали при

обработке наружных поверхностей деталей типа «диск» с различными диаметрами внутренних базовых поверхностей.

Предложенная система отличается совмещением подсистем, дополнительными потоками: средств технологического оснащения, которые поступают по конвейеру и устанавливаются манипуляторами, а также информационно-управляющим, реализующимся с помощью иерархической системы управления. Входящие в систему токарно-винторезные станки с ЧПУ модернизированы с целью использования дополнительных возможностей повышения производительности труда.

В таблице 5 указаны характеристики существовавшей и предложенной линий, а также примененных способов повышения производительности труда.

Таблица 5. Характеристики существовавшей и предложенной линий, а также примененных способов повышения производительности труда

Существующий вариант	Предложенный вариант	Рост производительности (раз)
Организация потока по двумерному пространству	Организация потока по трехмерному пространству	1,1÷1,3
Одноинструментная обработка	Многоинструментная обработка	2,3÷3,6
Круговой шаговый двигатель и передача винт-гайка	Линейный шаговый двигатель	2,1÷3,4
Шпиндель на механических опорах	Шпиндель на гидродинамических опорах	2,4 ÷4,2
Инструмент для обычных скоростей резания	Инструмент для больших скоростей резания	
Типовые нормативные траектории	Применение пространственных траекторий	1,0 ÷ 1,2
Однопоточная управляющая система	Многопоточная управляющая система	1,0÷1,1
Привод с асинхронным двигателем и многоступенчатой коробкой подач	Асинхронный двигатель с механическим вариатором с системой управления	1,1÷1,3
		Итого: 11 ÷16,1

В разработанном варианте АЛ самомодернизация элементов (отдельных функций) за счет включения в состав линии дополнительных подсистем:

- САПР для проектирования узлов модернизации токарных установочно-зажимных приспособлений – центрирующих втулок, устанавливаемых с натягом на центровиках шпинделей токарных станков;

- склада заготовок для изготовления узлов модернизации этих приспособлений (кольцевых втулок);

- информационно-управляющих блоков, связывающих указанную подсистему с общей системой управления АЛ, в том числе с подсистемой проектирования технологии обработки деталей типа «диск».

Подсистема самомодернизации работает следующим образом. АСТПП определяет задание на объективное проектирование переходной втулки, а подсистема

САПР проектирует эту втулку. Информационно-управляющая подсистема передает информацию из САПР в АСТПП, где разрабатывается технология изготовления, контроля и установки этой втулки на центровке определенного токарного станка. Далее управляющая система формирует и передает команды соответствующим станкам, роботам и другим элементам АЛ для изготовления втулки из заготовки, взятой со склада заготовок, на свободных станках линии и последующей установки на центровке установочно-зажимного приспособления, закрепленного в шпинделе выбранного токарного станка. Затем установленная переходная втулка используется как обычный функциональный элемент технологической оснастки АЛ.

Как видно из данных, приведенных в таблице 5, введение в линию элементов самоорганизации в сочетании и мероприятиями по повышению производительности труда могут обеспечить значительное улучшение функциональных и эксплуатационных показателей системы. Однако это требует введения дополнительного классификационного признака по выделению систем различной производительности.

Традиционно выделяют технологические системы обычной, высокой (в 2-10 раз более производительных от среднеотраслевой) и сверхвысокой (более, чем в 10 раз превышающей среднеотраслевою производительность).

Поскольку все материальные объекты могут иметь соответствующую информационную оценку [8], информация также может служить классификационным признаком самоорганизующихся технологических систем.

При известном законе распределения вероятности [8, 9] количество дискретно-вероятностной (ДВ) информации параметра вычисляется по формуле -
$$I_{cun} = \sum_{i=1}^k (\ln X_i - \frac{I_{sh}}{p_i})$$
, где $\ln X_i$ - детерминированная, а $\frac{I_{sh}}{p_i}$ - вероятностная части уравнения (X - i -е свойство объекта, I_{sh} - количество информации по Шеннону, p - вероятность изменения детерминированного свойства объекта).

Информационно связанные параметры систем образуют ДВ информационные структуры.

Основными признаками ДВ информации объектов является ее количество, качество и ценность.

1. Количество ДВ информации, которым обладает объект, наиболее объективно характеризует ее сложность и эквивалентно таким характеристикам как стоимость, затрата ресурсов на изготовление, эксплуатацию и ремонт технических объектов, качество удовлетворения потребностей общества и т.д.

2. Качество ДВ информации, которым обладает объект, характеризует качество технологического процесса производства технических объектов.

3. Ценность ДВ информации, которым обладает объект, объективно характеризует эффективность синтезированных технических объектов.

На базе признаков дискретно-вероятностной информации выявляются производственно-технологические закономерности.

1. Любой способ производства выражается через систему ДВ информационных отношений производственных объектов. Производственный объект обладает конечным количеством ДВ информации, которое объективно отражает количество вложенного в него труда при его создании. Этот объект является тем более экономичным в изготовлении, чем меньшим количеством ДВ информации обеспечивается его служебное назначение.

2. Затраты материальных, трудовых и энергетических ресурсов на производство изделий корреляционно связаны с количеством информации в системе ДВ информационных отношений объектов, участвующих в технологическом процессе.

3. Показатели качества изготовленного изделия корреляционно связаны со значениями потерь или избытком количества информации в системе ДВ информационных отношений объектов, участвующих в технологическом процессе самоорганизации.

4. Показатели эффективности производства изделий корреляционно связаны со значениями качества и ценности ДВ информации в системе ДВ

Информационными признаками самоорганизации систем с позиции дискретно вероятностной информации являются следующие.

1. Самоорганизация является одной из форм организации развивающихся систем, при которой в точке бифуркации система самостоятельно структурируется без привлечения внешних ДВ информационных ресурсов.

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

3. В основе процесса самоорганизации систем лежит принцип ДВ информационного согласования потенциалов «системы отражений» при структурировании системы.

Самоорганизация в технологических системах реализуется посредством компьютерных технологий, алгоритмы которых разработаны на основе классификационных признаков самоорганизации.

Выводы:

Основными общими классификационными признаками самоорганизующихся технологических систем являются базовые атрибуты, позволяющие выделить виды, типы, классы и группы таких систем. Дополнительным классификационным признаком может служить уровень технизации функций.

Использование эффекта самоорганизации в сочетании с мероприятиями по повышению производительности труда может существенно расширять функциональные возможности системы и повышать ее эксплуатационные характеристики.

В дальнейшем целесообразно произвести количественную оценку информационных показателей самоорганизующихся технологических систем, реализующих различные пути обеспечения требуемых свойств.

Список использованной литературы:

1. Флейшман Б.С. Основы системологии /Б.С. Флейшман. – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.

2. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач / Дж. Клар. - М.: Радио и связь, 1990. - 534 с.

3. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем /Е.П. Балашов. - М.: Радио и связь, 1985. - 328 с.

4. Тернюк Н.Э. Основы комплексной оптимизации технологических систем для производства зубчатых колес: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Тернюк Николай Эммануилович. – Харьков, 1983. – 433 с.

5. Беловол А.В. Обеспечение производительности многономенклатурных механообрабатывающих производств на основе синтеза структур технологических систем: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Беловол Анна Владимировна. – Харьков, 2010. – 191 с.

6. Беловол А.В. Общие модели структур циклов, функций и процессов технологических систем / А.В. Беловол, Н.Э. Тернюк, В.А. Кордюк // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – № 16. – С. 112–116.

7. Тернюк Н. Э. Системно-процессное моделирование технических систем в CALS-технологиях / Н. Э. Тернюк, Ю. В. Дудукалов, В. В. Федченко, Н. Н. Гладкая // Сборник НАКУ «ХАИ» «Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии». – 2011. – № 49. – С. 124–133.

8. Тернюк Н.Э. Интегрированные технологии механообработки. / Н.Э. Тернюк, С.В. Луцкий // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2009. Вып. 38. – С. 225-232.

9. Луцкий С.В. Практическое использование системно-информационного подхода в технологи машиностроения. / С.В.Луцкий // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ “ХПІ”. №1 - 2008. – №2. – С. 39–45.

Надійшла до редакції 21.06.2014

М.Е. Тернюк, С.В. Луцкий, Г.В. Біловол

КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ЩО САМООРГАНІЗУЮТЬСЯ

Анотація. Розглянуті питання, що пов'язані з визначенням класифікаційних ознак технологічних систем, що самоорганізуються. Встановлено, що вид системи визначається її сферою застосування, призначенням та функціями, що реалізуються а тип – видом фізичних (хімічних, біологічних) ефектів – принципів дії.

Ключові слова: ознаки, самоорганізація, технологічні системи, класифікація, моделі, фазові цикли.

M. Ternyuk, S. Lutskiy, A. Belovol

CLASSIFICATION FEATURES SELF-ORGANIZING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Abstract. The problems associated with determining the classification criteria of self-organizing technological systems. Found that kind of systems is determined by their scope, purpose and functions are implemented, and type - kind of physical (chemical, biological) effects - principles of operation.

Key words: features, self-organizing, technological systems, classification, model, phase cycles.