

УДК 621.941

**КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДСТВА
МАШИНОСТРОЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ САМООРГАНИЗАЦИИ**

Луцкий С.В. (ХНАДУ, Харьков, Украина)

Аннотация: Представлены аспекты самоорганизации компьютерно-интегрированные технологии производства с точки зрения системы информационной теории разработки технологических процессов и систем

Ключевые слова: материальные системы, самоорганизация, интегрированные производства

Введение. Проблема самоорганизации материальных систем в XXI веке становится одной из центральных проблем науки. Существенный вклад в решение этой проблемы вносит системный и информационный подходы. Терминология, выработанная в этих областях исследования, приобрела общенаучный характер в описании и объяснении процессов самоорганизации [1].

Решение этой задачи берет на себя научная дисциплина, именуемая синергетикой. Ее основоположниками считаются Г. Хакен и И. Пригожин. Закономерности явлений самоорганизации, открываемые синергетикой, не ограничиваются областью живой природы: они распространяются на все материальные системы.

Актуальным направлением в синергетике является исследования процесса самоорганизации в компьютерно-интегрированных производствах машиностроения на этапах жизненного цикла изделий.

Анализ последних достижений и публикаций. Самоорганизации материальных систем посвящены многие работы, которые раскрывают разнообразные ее стороны[2-4].

Работы И. Пригожина по теории не обратимых процессов в открытых неравновесных системах были удостоены Нобелевской премии по химии за 1977 год. В этих работах, в отличие от кибернетики, акцент делается не на процессах управления и обмена информацией, не на функционировании системы, *а на ее структуре*, на принципах построения организации, на условиях ее возникновения, развития и самоусложнения. В своей работе [4] И. Пригожин освобождает понятие нестабильность от негативного оттенка, которая способствует выявлению и отбору лучшего.

Синергетика исследует особые состояния сложных систем в области неустойчивого равновесия, точнее – динамику их самоорганизации вблизи точек бифуркации, когда даже малое воздействие может привести к непредсказуемому, быстрому («лавинообразному») развитию процесса. Говоря о самоорганизации сложных систем, необходимо подчеркнуть их стремление к негэнтропийной ("неравновесной") устойчивости, их ведущую тенденцию как можно дальше отдаляться от состояния "равновесия", т.е. уровня максимальной энтропии, хаоса. Толкование понятия "хаос" создателями синергетики существенно отличается от общепринятого понимания хаоса как максимума энтропии. В синергетике хаос больше ассоциируется с понятием случайности, с хаотическим разнообразием флюктуаций в сложной системе, хаотическими отклонениями каких-то параметров от нормы. В основе такого хаоса возможно активное начало, причем в определенных условиях даже единичное отклонение, малое воздействие какого-то параметра может стать существенным для макро-процесса: может развиться новая организация.

В природе имеют место два направления эволюции (развития). Первое, регрессивное ведет к наиболее вероятному (хаотическому, "равновесному") состоянию, которое характеризуется максимальной энтропией при минимуме свободной энергии. Второе, связанное с эволюцией, и ведет к возрастанию упорядоченности, увеличению свободной энергии и связано с усложнением структурной организации развивающихся систем.

С позиции системно-информационной теории [6] все процессы в природе информационно взаимосвязаны. Эта взаимосвязь 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 величины значений порогов чувствительности процессов друг к другу. В соответствии с этой теорией передача информации имеет направление, которому соответствуют конкретные для этого направления значения пороги чувствительности объектов. Когерентность процессов подразумевает равнозначные величины порогов чувствительности процессов при передаче информации одновременно в противоположные стороны.

Решение задач совершенствования состояния и развития технологических процессов (систем) на основе принципов самоорганизации требуют концептуального представления информации как физической величины в той же степени как энергии и вещества, это позволяет моделировать информационные процессы и предсказывать следствия этих процессов на основе знания причин. Использование формулы Больцмана–Шеннона по определению количества информации, основанной на знании вероятности наступления некоторого события не достаточно для решения вышеизложенных задач.

Теоретические разработки харьковских ученых в области системных и информационных исследований технологических процессов (систем) [6] позволяют моделировать свойства этих процессов именно с позиции нового понимания сущности информации, которая отражает сложность (разнообразие) процессов при решении задач самоорганизации. Это означает, что появилась возможность перейти на новый научный уровень решения задач самоорганизации технологических процессов (систем) на базе системно-информационных моделей (СИ-моделей), которые являются математическим обеспечением компьютерно-интегрированных технологий (КИТ) нового поколения. Механизм самоорганизации в природных системах лежит в глубинных информационных свойствах самой материи и до конца не изучен. Для технологических процессов (систем) механизмом самоорганизации могут стать принципы информационной организации КИТ на базе СИ-моделей, отражающие новое понимание определения сущности «информации».

Целью проведенных исследований в статье является разработка научных основ самоорганизации компьютерно-интегрированных производств машиностроения на базе СИ-моделей процессов и систем.

Изложение основного материала. В процессе жизненного цикла каждая искусственная система претерпевает ряд жизненных этапов. К важнейшим жизненным этапам относятся этапы, связанные с процессами зарождения, функционирования, развития (эволюции) и перерождения (гибели) системы. Протекание этих процессов подчинено определенным системным законам и принципам, которые являются лишь выражением общих законов диалектики [1]. Знание системных законов и принципов важно при проектировании и эксплуатации технологических процессов (систем).

Процессы самоорганизации относятся к этапу эволюции технологических процессов (систем) и связаны с внутренними источниками развития, которые показывают домини-

рующую роль информационных структур, находящихся в соответствии с внешними закономерностями.

Технологический процесс (система) является открытой системой, которая обменивается с внешней средой энергией, веществом и информацией. Точкой бифуркации для технологического процесса (системы) является момент воздействия внешних организующих факторов, таких как изменение конструкторско-технологических параметров детали, изменение вида заготовки, изменение размера партии запуска, изменение программы выпуска. Вследствие действия этих факторов, происходит «лавинообразное» изменение информационных структур всего технологического процесса (системы) изготовления изделия и его сборки (переналадка основного и вспомогательного оборудования, переналадка системы управления) (рис.1).

КИТ являются тем управляющим звеном производства, который имеет более высокий уровень организации по отношению к технологическому процессу (системе), и является источником внешних организующих факторов развития технологического процесса (системы).

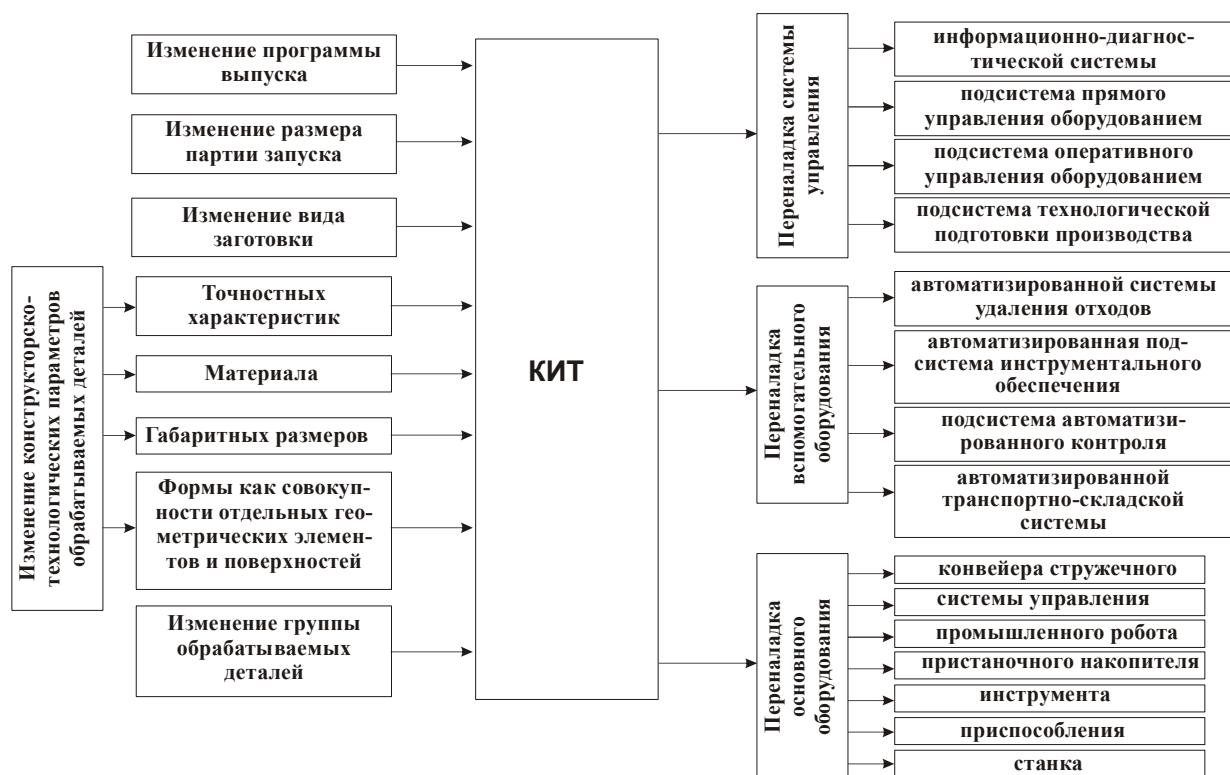


Рис.1. Элементы самоорганизации технологического процесса

Процесс самоорганизации программных объектов КИТ – это процесс синтеза информационных структур параметров технологического процесса (системы), вследствие изменений внешних производственных факторов на уровне СИ-моделей, которые отражают разнообразие состояний объекта. Так как СИ-модели описывают информационные взаимосвязи параметров и их допусков, то целесообразно разделить понятия процессов природ-

ной самоорганизации, которые происходят в реальных природных системах, и искусственной самоорганизации, которая происходит сначала виртуально на уровне программных объектов, а затем синтезированные информационные структуры переносится посредством управления на организацию реальных технологических процессов (систем).

Необходимо подчеркнуть, что в реальных процессах и системах согласно принципу Бора, как только прекращаются действия внешнего организующего фактора, может начаться регрессивная самоорганизация под влиянием случайного фактора. Например, расфиксация детали или инструмента, действия различного рода полей, вибраций и т.д., что в конечном итоге приводит к снижению показателей качества изделий. Из этого следует, что в реальных технологических процессах (системах) может проявляться как регрессивная самоорганизация, так и самоорганизация развития. Таким образом, самоорганизация развития технологических процессов (систем) возможна только на уровне (виртуальных) информационных структур КИТ нового поколения, синтезированных на базе СИ-моделей. Особенностью синтезированных информационных структур технологических процессов (систем), вследствие виртуальных процессов самоорганизации, заключается в том, что СИ-модели отвечают принципу отсутствия избыточности или недостатка информации в своих взаимосвязях.

Научной базой системно-информационной теории является разработанная методология определения содержания информации физической величины. Содержание информации объектов является смысловой основой синтезированных СИ-моделей.

В основе СИ-моделей объектов лежат формулы вычисления информации параметра, т.е. ее количества, качества и ценности. Комплексная информация параметра определяется как сумма количества информации параметра, пространства и времени, в котором он проявляется. Геометрической интерпретацией комплексной информации параметра есть информационное пространство свойств, в котором ординатами являются количество информации параметров, пространства и времени [6].

Таким образом, технологический процесс (система) отражается в информационном пространстве свойств содержанием СИ-моделей, которое характеризует сложность состояния системы.

Особенностью системно-информационного моделирования является то, что моделируется не сам параметр, а его сложность, т.е. множество его возможных состояний и закон распределения вероятности перехода параметра из одного состояния в другое.

Информационное описание параметра при известном законе распределения вероят-

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

ности ошибки параметра имеет вид где J_{sh} – количество информации ошибки параметра по Шеннону, p_i – вероятность проявления величины ошибки Δx i -го параметра, X_i – значение i -го параметра [6].

Системно информационная теория формулирует четыре закона, на основе которых происходят преобразования состояний процесса (системы) в информационном пространстве свойств [6].

В целом ряде работ [3,7] отечественных и зарубежных ученых в последнее время было показано, что для естественных динамических систем свойственно наличие некоторых поверхностей притяжения – инвариантных многообразий в пространстве состояний. Такие установившиеся образования получили название аттракторов. Аттрактор – это притягивающее множество в пространстве состояний технологических систем, характеризующих-

ся определенными параметрами входящих подсистем. АтTRACTоры, которые можно интерпретировать как математический образ детерминированных непериодических процессов, для которых невозможен долгосрочный прогноз, получили название «странных». Такие атTRACTоры весьма чувствительны к изменению начальных условий внешних факторов. Из последних работ по исследованию атTRACTоров нелинейных динамических систем следует, что для многих природных систем характерен режим движения по некоторым многообразиям в их пространстве состояний. Так, в природных системах переменные, характеризующие их состояние, стремятся к таким значениям, которые соответствуют некоторым соотношениям (уравнениям баланса информации), т.е. инвариантным многообразиям в их пространстве состояний. Существуют также аналогичные связи, накладываемые непосредственно не на переменные состояния, а на скорость их изменения. В технологических системах существование задаваемых инвариантных многообразий должно обеспечиваться самой процедурой синтеза СИ-моделей информационных структур атTRACTоров, которые отвечают основному принципу синтеза – баланса информации, т.е. отсутствия избытка или недостатка информации в атTRACTоре. Технологическая система проявляется по отношению к внешним факторам посредством служебных параметров. Служебные параметры это вершина пирамиды иерархично расположенных и информационно связанных внутренних параметров системы. Информационно связанные параметры это пространственно-временная корреляция физических и/или других величин (параметров) свойств объектов любой природы, например: технические, экономические, биологические и др. Информационные взаимосвязи параметров описывается СИ-моделями, которые имеют иерархическую структуру (рис.2) [6].

Самоорганизация технологической системы проявляется в виде структуры информационно связанных параметров, и эта структура зависит от фактора внешнего воздействия, при котором проявляется служебный параметр. Множество других внутренних параметров технологической системы информационно не связанных не проявляются. Таким образом, технологическая система самоорганизуется, взаимодействуя с внешней средой. Формализация взаимосвязи параметров описывается коэффициентом информационной связи, т.е. отношением их порогов чувствительности.

Для практического решения задач самоорганизации компьютерно-интегрированного производства на этапах жизненного цикла изделий необходимо разработать СИ-модели информационных структур самоорганизующихся атTRACTоров.

АтTRACTоры самоорганизуются следующим образом. Информация параметра внешнего фактора посредством коэффициента информационной связи возбуждает проявление информации служебного параметра, а служебный параметр самоорганизует посредством информационных связей внутренние параметры данного атTRACTора.

Для решения задач самоорганизации компьютерно-интегрированных производств машиностроения на этапах жизненного цикла изделий необходимо провести ряд научно-исследовательских работ.

1. Разработать методику синтеза атTRACTоров элементов машин с информационно связанными параметрами: поверхности деталей, группа поверхностей, механизмы, сборочные узлы, машины и т.д.

2. Разработать методику оптимизации конструкции машин с информационно связанными параметрами на базе теории информационно-функционального стоимостного анализа.

3. Разработать методики по оптимизации производственно-технологических структур на базе СИ-моделей, прогнозирование их эффективности на ранних этапах жизненного цикла изделий на базе удельных информационных коэффициентов: технологического времени, затрат энергии, затрат денежных средств и т.

4. Разработать алгоритмы управления изготовлением и контролем качества машин на базе детерминированной и стохастической информации параметров (анализируется изменение закона распределения стохастической информации параметров).

5. Разработать методику диагностики и прогнозирования состояния информационно связанных параметров машины на базе анализа детерминированной и стохастической информации параметров в межрегламентный период эксплуатации.

6. Разработать методику оптимизации затрат на ремонт информационно связанных параметров машины, которые наиболее существенно влияют на работоспособность машины в межрегламентный период эксплуатации (анализируется изменение закона распределения вероятности стохастической информации параметров).

Выше изложенная методология самоорганизации компьютерно-интегрированных производств на базе КИТ применена в разработанном программном продукте DISLUT, который прошел апробацию на ряде харьковских машиностроительных предприятий.

DISLUT базируется на СИ-моделях аттракторов самоорганизации механообрабатывающего производства. Программное обеспечение DISLUT позволяет: без разработки конкретных технологических процессов на ранних этапах жизненного цикла изделия определить с определенной ошибкой аппроксимации время изготовления изделия, себестоимость, затраты материальных и энергетических ресурсов и др.; оптимизировать технологические операции, выбрать технологический маршрут; управлять качеством изготовления изделия и т.д.

Эти задачи актуальны в настоящий период для машиностроительных предприятий, когда изделия изготавливают под заказ и необходимо до подписания контракта оперативно принять решение о целесообразности изготовления изделия на данном предприятии или проведения технологической подготовки производства.

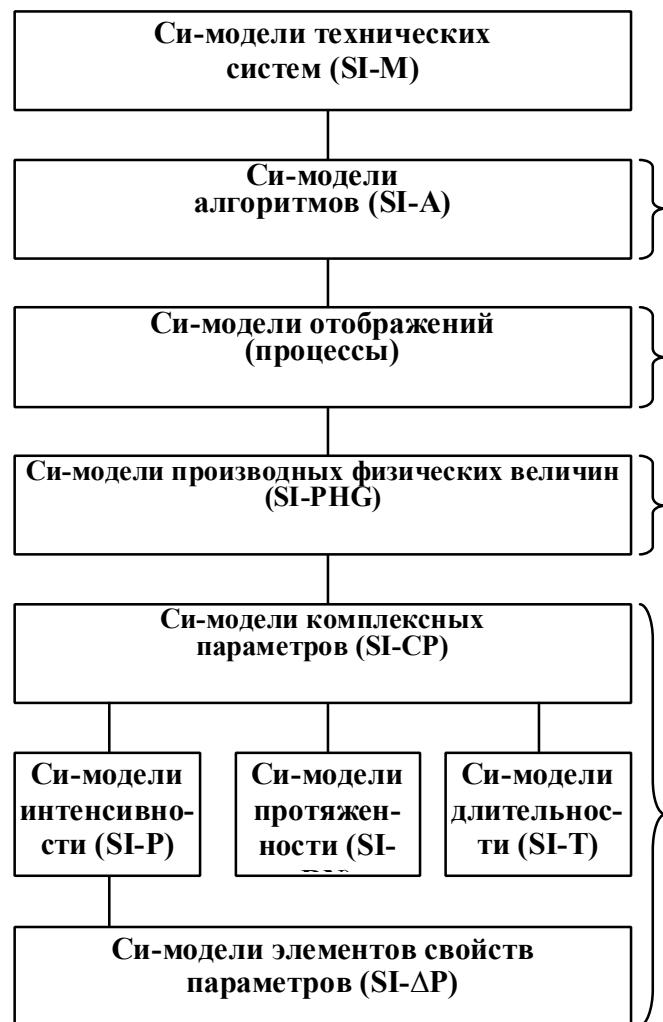


Рис.2. Структура СИ-моделей

Выводы. КИТ машиностроения, созданные на базе СИ–моделей атTRACTоров, включают в себя следующие преимущества при решении задач самоорганизации, такие как:

- информационные характеристики процесса (системы) являются над системными по отношению к распределению вещества и энергии и информационно связывают между собой различные свойства (физические, химические, экономические, социальные и т.д.);
- логарифмическая форма представления СИ–моделей параметров процесса (системы) позволяет резко уменьшить объем используемой памяти компьютера и потребность в его быстродействии при решении задач самоорганизации;
- атTRACTоры процесса (системы) имеют структуру СИ–моделей и взаимосвязаны между собой информационными связями;
- принцип информационной связи является фундаментальным свойством окружающего мира, он определяет взаимосвязь между параметрами самоорганизующихся процессов (систем);
- методология СИ-моделирования параметров процесса (системы) позволяет создавать КИТ, для производства, эксплуатации и ремонта машин информационного класса, на основе принципа баланса информации;

– Достоверность СИ–моделей параметров процесса (системы) подтверждается отражением реальных информационных процессов окружающего мира, так как они развиваются по одним и тем же информационным законам мироздания.

Список литературы: 1. Алексеев П.В., Панин А.В. Философия: учебник. Самоорганизация и системность. Библиотека "Полка букиниста" (интернет). 2. Залога В.О. Моделювання синергетичної інтеграції процесів проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівної продукції виробничо-технічного призначення: монографія / В.О.Залога, К.О.Дядюра, О.В.Ющенко. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 278с. 3. И.М.Чепикова. Синергетический подход в представлении технологических систем. / И.М.Чепикова, А.С.Тарапанов. – Орел: ОГТУ. 4. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках [Текст] / И.Пригожин.– М.: Наука, 1985.– 327с. 5. Колесников А.А. Современная прикладная теория управления. Ч. II: синергетический подход в теории управления [Текст] / Под ред. А.А. Колесникова. – М.: ФЦ «Интеграция» – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 559с. 6. Луцкий С. В. Теоретические основы системно-информационного подхода к технологическим процессам и системам, (монография) /С. В. Луцкий — Харьков ХНАДУ 2008. — 238с. 7. Кузнецов В.П. Самоорганизация в технических системах. / Кузнецов В.П., Раков М.А. – Киев: НАУКОВА ДУМКА, 1987г. 200с.

**COMPUTER-INTEGRATED MANUFACTURING ENGINEERING
WITH ELEMENTS OF SELF-ORGANIZATION**
Lutskyy S.V. (Kharkov National University of road)

Abstract: The paper presents aspects of self-organization of computer-integrated production engineering from the perspective of system-information theory of the development of technological processes and systems

Keywords: material systems, self-organization, integrated production

Надійшла до редакції 20.06.2011 р.