

Самоорганизация технологических процессов механообработки

Харьковский национальный автомобильный университет

Рассмотрены вопросы использования положений теории системно-информационного подхода к анализу особенностей самоорганизации технологических процессов и систем механообработки. Изложены основные положения разработки научных основ элементов самоорганизации технологических процессов и систем компьютерно-интегрированных производств машиностроения на базе системно-информационного моделирования.

Ключевые слова: самоорганизация, информация, система, машиностроение, технология, процессы, формообразование.

1. Постановка проблемы

Создание конкурентоспособных машиностроительных производств, которые обладают новыми качественными свойствами, в частности самоорганизации, в настоящее время является актуальным.

Под самоорганизацией [1] понимают процесс спонтанного упорядочения, возникновения пространственных, временных, пространственно-временных или функциональных структур, протекающий в открытых, нелинейных системах, за счёт согласованного взаимодействия множества элементов её составляющих.

Наличие свойств самоорганизации машиностроительного производства обуславливается его интеллектуализацией. Это позволяет существенно снижать затраты материальных, энергетических, временных и компьютерных ресурсов, повышать качество изготавливаемых изделий за счёт способности самоструктурирования технологических процессов и систем производства.

Эффективность производства в значительной мере зависит не только от свойств самоорганизации основного технологического процесса, но и самоорганизации вспомогательных процессов, таких, как инструментальное обеспечение, контроль качества изделий, процессы складской системы, системы охраны труда, транспортной системы, системы технического обслуживания, системы управления и подготовки производства.

Развитие новых технологий имеет объективные предпосылки, связанные с заменой старого оборудования на новое с большим сроком эксплуатации и созданием гибкой модели производства, когда смена технологических процессов происходит быстро, без больших трудозатрат и затрат времени; возможностью экономии за счёт более эффективной эксплуатации оборудования.

К настоящему времени попытки отечественных и зарубежных ученых создать работоспособную модель, обеспечивающую разработку технологических процессов в максимальной степени позволяющую использовать потенциал механообрабатывающих систем, не увенчались успехом [2].

Выход из сложившейся ситуации невозможен без разработки новых подходов к проектированию технологических процессов, управлению технологической подготовкой производства в условиях многономенклатурного производства. Эти подходы должны быть ориентированы на возможность глубокой формализации проектных действий, обеспечивающих разработку технологических процессов в условиях конструктивного и технологического многообразия деталей на реальных данных о состоянии производственной системы.

2. Анализ последних достижений и публикаций

Эволюция автоматизации машиностроительных производств [3] развивается в направлении создания самоорганизационных производственных систем. Эволюция свойств технологических процессов направлена на повышение уровня сложности состояний, обладающих свойствами самоорганизации на принципах искусственного интеллекта (табл. 1).

Самоорганизация [1] по своему содержанию предполагает свойство системы самостоятельно активизировать процессы своего функционирования и развития на основе внутренней присущей системам способности упорядочивать свои составляющие подсистемы и регулировать энергетические и информационные потоки, которыми она обменивается с внешней средой. По форме явление самоорганизации включает в себя целый спектр процессов, в т.ч. самоупорядочение, самообеспечение, самообучение, самопроизводство, и связанные с ним процессы самоконструирования, самоизготовления, самосборки, самоконтроля, самовосстановления, самоограничения, самовоспроизведения, самосохранения и т.д.

Механизм самоорганизации в природных системах лежит в глубинных информационных свойствах самой материи и до конца не изучен.

Таблица 1

Эволюция методов разработки технологических процессов

Технологические задачи	Инструментарий				
	I уровень	II уровень	III уровень	IV уровень	V уровень
1. Определение структуры ТП и его элементов (операции, переходы)	Таблицы применимости ТП	–	–	–	–
2. Формирование конечного множества типовых вариантов структур ТП	–//–	Каталог типовых вариантов структур ТП	–	–	–
3. Выбор варианта структуры ТП во множестве известных вариантов	–//–	–//–	Алгоритмы направленного перебора путем ограничения	–	–
4. Выбор вариантов структур ТП во множестве с неизвестным числом вариантов	–//–	–//–	–//–	Диалог технолога проектировщика с ЭВМ	–
5. Синтез принципиально новых структур ТП	–//–	–//–	–//–	–//–	Поисковое конструирование (искусственный интеллект)

Для технологических процессов механизмом самоорганизации могут стать принципы информационной организации функционирования технологических процессов на базе моделей, отражающих новое понимание определения сущности «информации» [4].

Решение задач совершенствования технологических процессов на основе принципов самоорганизации требует 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.

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 [5].

Полное множество отражений свойств категориальных атрибутов в универсуме представляет собой всеобщую информационную составляющую техносферы (табл. 2)

Таблица 2

Полное множество отражений свойств категориальных атрибутов техносферы

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

Представленное множество отражений лежит в основе информационного моделирования свойств технологических процессов и систем в атрибутивном виде.

Целью проведенных в статье исследований является разработка научных основ самоорганизации технологических процессов компьютерно-интегрированных производств машиностроения с позиции системно-информационного моделирования.

3. Изложение основного материала

Технологический процесс является открытой системой, которая обменивается с внешней средой энергией, веществом и информацией. Точкой бифуркации для технологического процесса является момент воздействия внешних организующих факторов, таких как: информация об изменении конструкторско-технологических параметров детали, изменении вида заготовки, изменении размера партии запуска, изменении программы выпуска.

Вследствие действия информации этих факторов происходит изменение информационных структур всего технологического процесса изготовления изделия и его сборки: переналадки основного и вспомогательного оборудования, переналадки системы управления и т.д.

С точки зрения парадигмы самоорганизации условием функционирования технологических процессов является возникновение пространственных,

временных, пространственно-временных или функциональных информационных структур в следствие отражений внешних свойств категориальных атрибутов на элементы технологических процессов на этапах жизненного цикла. Благодаря изменению информации процесса отражений категориальных атрибутов внешних воздействий на технологический процесс возникает и поддерживается его неравновесность, а это в конечном итоге приводит к возникновению все новых информационных структур технологических процессов.

Физическая сущность информационных структур самоорганизации технологических объектов имеет следующее объяснение. Состояние объекта характеризуется результатом реакции как следствие воздействия внешних факторов и проявляется в виде служебных параметров. Служебные параметры – это вершина информационной пирамиды параметров технологического процесса. Они структурно иерархично расположены [5] по отношению к информационно связанным с ними внутренними параметрами процесса.

Информационно связанные параметры – это пространственно-временная корреляция физических и/или других величин (параметров) свойств объектов любой природы, например: технические, экономические, биологические и др.

В атрибутивном виде информационные модели технологических процессов представляют собой результат отображений атрибутов технологических функций: обработки, установки, контроля, переналадки, транспортирования, на свойства элементов технологического процесса: операции и переходы, маршруты, оборудование, приспособления и оснастку, инструмент.

Всеобщее множество информации технологических процессов представлено (табл. 3) в виде отражений функций основных элементов технологического процесса на подсистемы жизненного цикла. Функции технологического процесса как результат отражения представляют собой информацию процесса.

Особенностью методологии системно-информационного моделирования [4] является то, что информационные модели атрибутивного вида преобразовываются в системно-информационные модели, которые позволяют определять значения количественной, качественной и ценностной информации свойств моделируемого технологического объекта и сложности его состояний, т.е. моделирования множества возможных состояний свойств объектов, закон распределения вероятности перехода из одного состояния в другое, а также место и время их проявления (табл. 4).

Пример: Результатом отражения операций и переходов на обработку является информация структуры операций и переходов (табл. 2). Самоорганизационные структуры формообразования в виде информационного процесса (табл. 3) представляют собой отражение интенсивности формообразования на информацию формообразования параметров детали.

Выбор самоорганизационной структуры технологического процесса или системы, его оптимизация происходят в условиях неопределенности на основе информационных законов, которые являются критериями синтеза. Основными информационными критериями для технологического процесса или системы являются – отсутствие в информационном процессе излишка или недостатка информации, минимум информации в процессе, максимум качества и ценности информации в процессе, передача количества, качества, ценности информации процесса за единицу времени и др. Структуры самоорганизации технологических процессов или систем синтезируются на синтаксическом, семантическом, прагматическом и алгоритмическом уровнях [4].

Таблица 3

Множество атрибутов технологического процесса и функции отражений

Технологические элементы и подсистемы ЖЦ	Операции и переходы (ОПП)	Маршрут (М)	Оборудование (Об)	Приспособление и оснастка (Пр)	Инструмент (И)	Ж(ТЭП) = J(ОПП) + J(М) + J(Об) + J(Пр) + J(И)
Обработка (обр)	Определение J ₁ – структуры операций и переходов	Определение J ₇ – состава операций	Выбор J ₁₃ – оборудования	Выбор J ₁₉ – приспособления и оснастки	Выбор J ₂₅ – инструмента и рас чет его количества	J(обр) = J ₁ +J ₇ +J ₁₃ +J ₁₉ +J ₂₅
Установка (уст)	Выбор схемы J ₂ – базирования и перемещения в рабочей зоне	Выбор J ₈ – схемы укладки	Выбор J ₁₄ – робототехнических устройств	Выбор J ₂₀ – устройств для установки	Выбор J ₂₆ – захватов	J(уст) = J ₂ +J ₈ +J ₁₄ +J ₂₀ +J ₂₆
Контроль (контр)	Определение J ₃ – параметров контроля	Определение J ₉ – прохождения операций	Определение J ₁₅ – диагностирования	Выбор J ₂₁ – датчиков	Выбор J ₂₇ – мерительного инструмента	J(контр) = J ₃ +J ₉ +J ₁₅ +J ₂₁ +J ₂₇
Переналадка (перен)	Определение J ₄ – условий проведения переналадки	Выбор J ₁₀ – многовариантности решений	Определение J ₁₆ – средств автоматики и устройств	Выбор J ₂₂ – схем переналадки приспособлений	Выбор J ₂₈ – контрольных устройств	J(перен) = J ₄ +J ₁₀ +J ₁₆ +J ₂₂ +J ₂₈
Транспортирование (трансп)	Выбор J ₅ – схемы грузопотоков	Выбор J ₁₁ – оптимизации пути перемещения	Выбор J ₁₇ – транспортных устройств	Выбор J ₂₃ – устройств переналадки приспособлений	Выбор J ₂₉ – захватных устройств	J(трансп) = J ₅ +J ₁₁ +J ₁₇ +J ₂₃ +J ₂₉
Накопление (накоп)	Выбор схемы J ₆ – хранения и укладки	Расчет J ₁₂ – количества запуска	Выбор J ₁₈ – накопителей	Выбор J ₂₄ – устройств хранения	Выбор J ₂₉ – захватных устройств	J(накоп) = J ₆ +J ₁₂ +J ₁₈ +J ₂₄ +J ₂₉
Формализация отражений	$\sum_{25}^{39} J_i = \sum \{f:И \rightarrow \text{(обр, уст, контр, перен, транс, накоп)}\}$	$\sum_7^{12} J_i = \sum \{f:М \rightarrow \text{(обр, уст, контр, перен, транс, накоп)}\}$	$\sum_{13}^{18} J_i = \sum \{f:Об \rightarrow \text{(обр, уст, контр, перен, транс, накоп)}\}$	$\sum_{19}^{24} J_i = \sum \{f:Пр \rightarrow \text{(обр, уст, контр, перен, транс, накоп)}\}$	$\sum_{25}^{29} J_i = \sum \{f:И \rightarrow \text{(обр, уст, контр, перен, транс, накоп)}\}$	$J_{ТП} = \sum_{i=1}^{29} J_i$

Инструментом реализации свойств самоорганизации технологических процессов в компьютерно-интегрированном производстве являются компьютерные технологии [6]. Однако использование свойств самоорганизации технологических процессов и систем в производстве в настоящее время не реализовано и прежде всего из-за отсутствия необходимой теории моделирования информационных процессов.

Таблица 4

Самоорганизационные структуры технологических операций механообработки

Информационные параметры механообработки	Системно-информационные модели
1. Точение	$\ln \frac{L}{R_z} + x_v \ln \frac{t}{IT} + \ln D = \ln T_0 + \ln 1000 + \ln C_v +$ $+ \ln K_v + (1 - y_v) S_0 - \ln \pi - m \ln T + \ln \frac{1}{R_z} + x_v \ln \frac{1}{IT};$
Информация формообразования	$J_{\Phi}^T = \ln \frac{L}{R_z} + x_v \ln \frac{t}{IT} + \ln D$
Информация интенсивности переработки формообразования	$J_{\Pi}^T = \ln 1000 + \ln C_v + \ln K_v + (1 - y_v) \ln S_0 - \ln \pi - m \ln T + \ln \frac{1}{R_z} + x_v \ln \frac{1}{IT}$
Основное время формообразования	$T_0 = e^{(J_{\Phi}^T - J_{\Pi}^T)}; \quad J_{\Pi}(W) = \frac{1}{e^{(J_{\Phi}^T - J_{\Pi}^T)}}$
2. Фрезерование:	$\ln \frac{L}{R_z} + x_v \ln \frac{t}{IT} + U_v \ln B = \ln T_0 + (1 - y_v) \ln S_z + (1 - P_z) \ln z + \ln 1000 +$ $+ \ln C_v + (q_v - 1) \ln D - \ln \pi - m \ln T + \ln \frac{1}{R_z} + x_v \ln \frac{1}{IT};$
Информация формообразования	$J_{\Phi}^{\Phi} = \ln \frac{L}{R_z} + x_v \ln \frac{t}{IT} + U_v \ln B$
Информация интенсивности переработки формообразования	$J_{\Pi}^{\Phi} = (1 - y_v) \ln S_z + (1 - P_v) \ln Z + \ln 1000 + \ln C_v +$ $+ (q_v - 1) \ln D - \ln \pi - m \ln T + \ln \frac{1}{R_z} + x_v \ln \frac{1}{IT}$
Основное время формообразования	$T_0 = e^{(J_{\Phi}^{\Phi} - J_{\Pi}^{\Phi})}; \quad J_{\Phi}(W) = \frac{1}{e^{(J_{\Phi}^{\Phi} - J_{\Pi}^{\Phi})}}$

Представленный выше теоретический подход к синтезу технологических процессов позволяет разрабатывать компьютерно-интегрированные технологии нового типа, обеспечивающие создание и функционирование высокоэффективных производств.

Под компьютерными технологиями нового типа подразумевают не только традиционное ее понимание, которое включает в себя совокупность компьютера, программного обеспечения (ПО), информацию об объекте и элементы воздействия на систему, но и когда технологическая система или процесс представляют собой природный компьютер, совокупность свойств системы

составляют информационную базу, а ПО выступает в виде совокупности информационных законов, в соответствии с которыми структурно самоорганизуются состояния технологических объектов.

4. Выводы

Введение нового понятия информации позволяет создать не только универсальный показатель объектов типа «предмет». Важнейшим его приложением является оценка объектов типа «процесс». Здесь важны первая и вторая производные от количества информации по времени. Первая производная в таком случае будет интерпретироваться как информационная произвольность системы, а вторая – как темп ее изменения.

Введением таких понятий достраивают до завершенности по категориальным атрибутам теорию производительности: до сих пор она касалась производительности только двух субстанций – вещества – как производительность технологических систем, и энергии – как мощность энергосистем.

Анализ процессов с помощью таких показателей позволит выявлять резервы систем и направлять их на повышение общей эффективности.

Введение понятия информационной производительности позволяет ввести еще как минимум два показателя, информационные параметрические и структурные модели, необходимые при синтезе систем. Первая модель будет отражать соответствие требуемых возможностей по объектам производства и по системе. Вторая модель выразит информационный баланс процесса развития.

Список литературы

1. Мельник, Л.Г. Научные основы самоорганизации экономических систем [Текст] /Л.Г.Мельник // Механізм регулювання економіки. – 2010. – №3. – Т.1. – Ч.1.
2. Бочкарёв, П.Ю. Системное представление планирования технологических процессов механообработки [Текст] / Ю.П.Бочкарёв / Технология машиностроения. – 2002. – № 1. – С. 10-14.
3. Васильев, В.Н. Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении [Текст] / В.Н.Васильев. – М.: Машиностроение, 1986. – 312 с.
4. Луцкий, С.В. Компьютерно-интегрированные производства машиностроения с элементами самоорганизации [Текст] / С.В.Луцкий // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. – Донецк: ДонНТУ. – 2011. – Вып. 42. – С. 156-162.
5. Луцкий, С. В. Теоретические основы системно-информационного подхода к технологическим процессам и системам [Текст]: монография /С. В. Луцкий, – Х.: ХНАДУ, 2008. – 238 с.
6. Луцкий, С.В. Интегрированные технологии механообработки [Текст] / Н.Э.Тернюк, С.В. Луцкий // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. – Донецк: ДонНТУ. – 2009. – Вып. 38 – С. 225–232.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Сорокин В.Ф.,
ХНАДУ, Харьков, Украина.

Поступила в редакцию 21.07.12.

Самоорганізація технологічних процесів механообробки

Розглянуто питання використання положень теорії системно-інформаційного підходу до аналізу особливостей самоорганізації технологічних процесів і систем механообробки. Викладено основні положення розроблення наукових основ елементів самоорганізації технологічних процесів і систем комп'ютерно-інтегрованих виробництв машинобудування на базі системно-інформаційного моделювання.

Ключові слова: самоорганізація, інформація, система, машинобудування, технологія, процеси, формоутворення.

Self-organization processes of machining

The article deals with the use of the theory of information system approach to the analysis of characteristics of self-organization processes and systems for machining. The basic provisions of the development of scientific bases of self-organization processes and systems for computer-integrated manufacturing engineering based on system-information models.

Keywords: self-organization, information systems, engineering, technology, processes, morphogenesis.