

Научно-исследовательские работы многих ученых посвящены вопросу изучения и выявления закономерностей развития технических систем, разработке технологии (логики) поиска новых технических решений, то есть – прогноза этого развития. Становится весьма актуальным вопрос проведения научных исследований с позиций различных теорий, основных подходов и обобщений, в частности их применимость при оценке долговечности таких сложных технических систем, как транспортные и технологические машины.

Логика развития науки переходит от специализации к междисциплинарности, а затем наддисциплинарности и в недалеком будущем приведет к необходимости объединения основных научных направлений.

Переход к наномасштабу дает возможность манипулировать атомами и молекулами, составляющими любое вещество. Нанотехнологии дают нам принципиально новый фундамент в виде технологий атомно-молекулярного конструирования для создания этих материалов. Нанотехнологии меняют принцип создания материалов, их свойства, меняют парадигму развития науки от анализа к синтезу сближения и взаимопроникновения, являясь фундаментом для развития всех без исключения отраслей экономики.

Для технических систем нано – это новый подход к конструированию материалов «под заказ» путем атомно-молекулярного конструирования. Не меньшее значение оказывает развитие информационных технологий, которые могут дать возможность внедрения в наноструктурную систему интегральной схемы, в итоге смоделировав новую нано-инфо интеллектуальную систему.

В настоящее время активное развитие получают принципы построения нанотехнологических платформ, попутно к которым создаются принципиально новые современные исследовательско-технологические платформы, в частности для транспортных и технологических машин представляется перспективным развитие нано-инфо-машиностроительных технологий.

Развитие нано-инфо-машстрой технологий позволит перейти не только к созданию принципиально новых технических систем, но и создать новые принципы их технического сопровождения, т.к. данные системы будут

способны информировать о состоянии единичного элемента в фиксированном временном периоде, что и требуется для получения безотказной, долговечной конструкции, такой к которой стремятся производители транспортных или технологические машины.

Немаловажное значение в развитии данной технологии отводится построенной Берталанфи *теории организации, теории организованных комплексов*.

Понятие самоорганизующейся системы, согласно Эшби, может иметь два значения:

- система в начале своей работы имеет отделенные друг от друга части, а затем эти части изменяются таким образом, что между ними устанавливаются некоторые связи. Таким образом, первым значением понятия «самоорганизующаяся система» является «изменение от неорганизованной системы к организованной» [1];

- «изменение от плохой организации к хорошей» (пример: оператор и дорожная машина, соединенные сначала положительной обратной связью, усугубляющей ошибки, и затем освобождающиеся от этого).

Система оказывается «самоорганизующейся», если ее изменение происходит автоматически (например, изменение положительной обратной связи на отрицательную).

Рассмотрим вероятность самоорганизации элементов системы машины с позиций детерминированного подхода, при котором входные параметры - начальные условия полностью определяют решение. Для нелинейных систем существуют такие параметры, при которых возможны «пороговые» явления решения: ветвление, скачки, катастрофы и т.п.

Период активного функционирования системы можно характеризовать как траектории потоков энергии и, следовательно, состояние элементов системы меняются скачкообразно. До достижения критических параметров траектории динамической системы могут притягиваться некоторым аттрактором (предельной точкой траектории). Но по достижении критического параметра

картина резко меняется, и динамическая система начинает вести себя по-другому. Ее траектории могут стремиться к некоторому циклу значений, которые будут повторять вновь и вновь («странные аттракторы»). Но, если параметры системы будут увеличиваться, эта последовательность начинает вести себя беспорядочно («срывается к хаосу»). Она, хоть и определена динамическим законом и детерминированным начальным значением, но, тем не менее, непредсказуема.

Для понимания теории динамических систем следует рассматривать структуру системы, состоящую не из элементов, а из процессов (каналов передачи энергии).

Процесс самоорганизации характеризует связь между принципом и законами развития этих систем и может быть выражен «законом устойчивости» технической системы в виде предварительной формулы: устойчивость системы (P) пропорциональна соотношению числа внутриэлементных связей (ΣC) к числу ее элементов (ΣM) и обратно пропорциональна потерям энергии потока ($\frac{I}{\Delta E}$) в каждом звене системы:

$$P = f\left(\frac{\Sigma C}{\Sigma M}; \frac{I}{\Delta E}\right). \quad (1)$$

Формула «закона устойчивости» системы позволяет представить концепцию теории развития технических систем хорошо согласующуюся с принципом Мопертюи, имеющего следующую трактовку: из всех возможных движений природа выбирает то, при котором цель движения достигается при наименьшей затрате действия. Принцип Мопертюи описывается следующим выражением:

$$A_M = 2 \int_{t_1}^{t_2} T dt \quad (2)$$

$$\text{т.е. } \delta A_M = \delta 2 \int_{t_1}^{t_2} T dt = 0 \quad (3)$$

где A – динамическое состояние точки; T – кинетическая энергия материальной точки; t – время; δ – знак варьирования.

При выводе выражения (3) сравнивается варьирование динамического состояния материальной точки при условии равной величины ее кинетической энергии.

Более совершенная формулировка энергетического равновесия была предложена У.Р. Гамильтоном, получившая название принципа Гамильтона: действительное полностью обратимое движение совершается так, что затрата действия имеет стационарное значение.

$$A_{\Gamma} = \int_{t_1}^{t_2} z dt = \int_{t_1}^{t_2} (T - U) dt \quad (4)$$

$$\delta A_{\Gamma} = 0 \quad (5)$$

где z – функционал Лангранжа второго порядка (лангранжиан);

U – силовая функция (функция, определяющая действующие на эту точку силы).

В общем случае силовая функция зависит не только от пространственных координат, но и от времени, в частном случае – только от пространственных координат (т.е. справедлив закон сохранения механической энергии) и силовая функция приобретает смысл потенциальной энергии (Π – потенциала сил), а выражение (5) принимает вид

$$A_{\Gamma} = \int_{t_1}^{t_2} (T - \Pi) dt \quad (6)$$

В классическом случае простейшее движение определяется вторым законом Ньютона (сила равна массе, умноженной на ускорение). Этот закон соответствует вариационному динамическому принципу Гамильтона (выражение (4) – (5)).

Расширяя область применения принципа Гамильтона путем решения задачи с подвижным верхним пределом интегрирования [1, 2], для свободного движения материальной точки обобщенное выражение закона импульса сил представляется в виде [1]:

$$P_{об} dt = b_n \frac{d^n x_{об}}{dt^n} dt = d(m_{об} v_{об}) = m_{об} dv_{об} + v_{об} dm_{об} \quad (7)$$

где $P_{об}$ – обобщенная внешняя активная сила; t – время; b_n – постоянная, характерная для каждого из периодов; $x_{об}$ – обобщенное перемещение; $m_{об}$ – обобщенная инертная масса; $v_{об}$ – обобщенная скорость.

Из выражения (7) вытекает, что должна существовать связь между выражениями по отношению к дифференциалам перемещений времени таких переменных, как обобщенная масса $m_{об}$, скорость $v_{об}$ и сила $P_{об}$.

Эта связь устанавливается на том основании, что обобщенная сила в свободном движении представляет собой какую-то вполне определенную для каждого периода форму по отношению к дифференциальному времени. Этому условию удовлетворяет соотношение:

$$m_{об} = k \cdot v_{об}^{2-n}, \quad (8)$$

где k – постоянный множитель.

Последующие математические действия: в выражении (7) правую и левую части разделили на dt ; затем подставили значение $m_{об}$ из выражения (8), позволили получить выражение:

$$P_{об} = (3-n)k \cdot v_{об}^{2-n} \frac{dv_{об}}{dt}. \quad (9)$$

На основании выражений (8 и 9) установлено, что непостоянство $m_{об}$ и постоянство k приводят к тому, что в общем случае не обобщенная масса, а ее коэффициент k - является коэффициентом характеризующим уровень самоорганизации системы, обеспечивающий некоторую стабильность в поведении систем.

В машинах процесс самоорганизации реализуется в конструктивных элементах, поверхности, взаимодействия которых выделяются для исследования внутренних процессов с ними происходящих, т.е. с позиций изменения их энергии и энтропии.

Конструирование и рассмотрение технической системы в целом следует выполнять с точки зрения системы потоков энергии, при этом, очевидно, что

«механическая» составляющая элементов - объектов дополняется, не только качественно, но и количественно. Создается постепенно наращиваемая линейная структура, организующаяся канал для потока энергии.

В случае, если в системе почему-либо возникает возможность появления иного, менее энергозатратного, канала для потока энергии, то эта возможность тут же реализуется, что является условием существования системы.

Техническая система – это, прежде всего, последовательность преобразований или передач энергии, а эффективная система – это система с малыми потерями на эти преобразования и передачи процесса в форме образования фрактала, динамической геометрической (алгебраической или стохастической) структуры, которая, бесконечно повторяясь в своих элементах, бесконечно наращивает и усложняет свою структуру. Наращивание над- и подсистем, необходимых для обслуживания рассматриваемой системы, также требует затрат энергии, что, следовательно, ведет к образованию потенциальных каналов для потоков энергии.

Техническая система образуется из функций, которые в свою очередь образуют фрактальную структуру, воспринимаемую как иерархическая. Вполне вероятно, что фрактал – это еще одна основа законов развития технических систем. И если принцип энергетического минимума выявляет физическую основу закона развития технических систем, то фрактал – математическую. При этом следует иметь в виду, что фрактальная форма свойственна именно процессу развития структуры системы, а не самой структуре, так же не исключается возможность существования структуры во фрактальной форме.

Рассматривая транспортные и технологические машины как сложные технические системы можно с достаточной долей точностью утверждать, что их развитие предопределяется принципом энергетического минимума: система тем жизнеспособней, чем меньше потери проводимого ею потока энергии. При этом, структура системы и ее элементы развиваются в направлении понижения этих потерь.

Многочисленными исследованиями предыдущих лет установлено, что в начальный период эксплуатации взаимодействующие элементы всех систем машины путем приработки принимают те оптимальные показатели и характеристики, которые впоследствии и станут основными при выполнении машины целевых задач.

В период приработки система приспособляется, а точнее адаптируется не столько к внешней среде эксплуатации, сколько к факторам, формирующим внутреннюю среду существования элементов взаимодействия. При этом адаптация идет в сторону поиска оптимального энергетического минимума.

Как только система достигает этого состояния, то фиксированные показатели можно считать эталонными, чаще же используется понятие наиболее эффективных показателей.

Последующий период эксплуатации во временном исчислении, т.е. ресурсный показатель, будет складываться из условия возможности системы самостоятельно удерживать достигнутый оптимум. Соответственно чем больше этот период, тем выше может быть квалифицирован уровень самоорганизации системы.

Выводы:

1. Рассмотрены основные аспекты синтеза технологий: нано-; информационных, машиностроительных, как перспектив для прорывного развития отрасли транспортного и технологического машиностроения.
2. Дана оценка значения самоорганизации в элементной базе сложных технических систем.
3. Получено математическое описание энергетической устойчивости системы с учетом коэффициента характеризующего уровень ее самоорганизации, что позволяет количественно оценить стабильность поведения системы.

4. Установлено, что существует теоретически обоснованный энергетический минимум, при котором возможна наиболее эффективная реализация целевой функции транспортных и технологических машин.

Литература:

1. *Богомолов, А. А.* Структура и семантика вариационной оптимизации транспортных машин и технологических процессов в общей теории систем: монография /А. А. Богомолов, М.В. Бунин, Н. С. Севрюгина. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 83 с.

2. *Бунин, М. В.* Эффективность и потенциалы строительных машин /М.В. Бунин, В.В. Ничке, А.А. Богомолов и др.; Под ред. М.В. Бунина. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 160 с.

3. *Зорин В. А.* Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов /В.А. Зорин. М.: ООО «Магистр-Пресс», 2005. 536 с.