

# ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЛАЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

## PRINCIPLES OF DESIGNING CLOUDY TECHNOLOGY OF VIRTUAL ENGINEERING

*I. Stepanovskaya*

*Summary.* The paper discusses the principles of digital modeling destabilizes impacts of external factors on the technical systems. A model of cyclic wave dynamics of entropy (self-organizing) mechanisms of dissipative systems is proposed. This allows us to formalize the problem of the depth control over the development of risks of destabilization of maintenance-free technical complexes under the influence of negative environmental factors. The principles of building software for risk management in the mode of cyber physical self-organization are considered.

*Keywords:* system cyclic wave dynamics, factor analysis, fractal-synergetic approach, dissipative structures system, twinning.

**Степановская Ираида Александровна**

*К.т.н., в.н.с., Институт проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН (Москва)  
irstepan3353430@yandex.ru*

*Аннотация:* Рассмотрены принципы цифрового макетирования воздействий дестабилизирующих внешних факторов на необслуживаемые технические системы. Предложена модель циклической волновой динамики энтропийных (самоорганизующихся) механизмов диссипативных систем. Модель позволяет формализовать проблему эшелонированного контроля за развитием рисков дестабилизации необслуживаемых технических комплексов под воздействием негативных факторов окружающей среды.

*Ключевые слова:* системная цикло-волновая динамика, факторный анализ, фрактально-синергетический подход, диссипативные структуры, твиннинг.

### Введение

#### Проблемы проектирования программного обеспечения виртуальной реальности

Одну из важнейших тенденций совершенствования жизненного цикла современной наукоемкой продукции представляет развитие виртуальной инженерии испытаний технических средств, заменяющей дорогостоящие физические прототипы цифровыми моделями. Успехи в этой области связаны с совершенствованием технологий разработки знание-емкого программного обеспечения виртуальной реальности, в которых мощные средства геометрического моделирования интегрированы с сервисами системной динамики структурных, качественных и поведенческих характеристик конструктивных компонент, по-разному реагирующих на динамику внешних условий. Примером средств виртуальной инженерии служит автоматизированная система обеспечения надежности и качества аппаратуры (АСОНИКА) [1], ориентированная на разработку радиоэлектронных средств. Она предоставляет средства построения электронного (виртуального) макета радиоэлектронной аппаратуры, моделирования деградиационных процессов и диагностического анализа показателей стойкости по отношению к электрическим, тепловым, аэродинамическим, механическим воздействиям.

Неуклонное развитие рынка высоконадежной продукции сталкивается с проблемой нелинейного роста организационной сложности цифрового макетирования, которая связана с непрерывным расширением множества анализируемых факторов внешнего влияния; нарастающими потоками инновационных разработок компонентной базы (изделий, деталей, материалов и др.), требующей совместных схемно-конструкторско-технологических испытаний; повышением роли управления компетенциями прикладных экспертов, привлекаемых к созданию и интеграции знаний междисциплинарного характера и др.

Значительным потенциалом для разработки «больших» программных систем экспериментального макетирования обладает современная платформа промышленного интернета вещей (IIoT), допускающая разработку облачных технологий экспертно-аналитических приложений, основанных на интеграции методов физического моделирования (механического, электрического, теплового и др.) и методов представления виртуальной реальности. Облачные технологии сервисного обслуживания, развиваемые в классе приложений IIoT и основанные на онтологических моделях предметной области, представляют общепризнанный подход к самоорганизации «больших» программных систем поддержки «умных» изделий, инфраструктур и эксплуатационных технологий [2,3]. В то же время этап подготовки и предварительной разработки проектов самоорганизации облачного

сервиса остается наименее изученным и формализованным. Цель данной работы состоит в разработке методологического и инструментального базиса для проектирования «умных» технологий слежения и защиты технических средств в объективно негативных внешних условиях. Для достижения поставленной цели в работе предлагается мета онтологическая фрактально-синергетическая модель последствий квазициклических воздействий дестабилизирующих факторов внешней среды на диссипативную возбуждаемую структуру, представляющая типовые онтологические аспекты облачной технологии поддержки стойкости и функциональной надежности технических средств разной прикладной ориентации.

Онтологическая структура облачной технологии защиты от дестабилизирующего влияния внешней среды

Набор программных сервисов облачной технологии целесообразно планировать по принципам онтологической инженерии, что требует разработки системы типовых онтологических аспектов, удовлетворяющих следующим требованиям композируемости:

- ◆ каждый аспект формализуем и сопоставим с некоторой моделью информационной инфраструктуры и сервисом ее обработки в реальном времени;
- ◆ все сервисы составляют конвергентную структуру, которой соответствует структурно-логическая композиция онтологических аспектов, составляющая новую онтологическую модель представления и обработки знаний;
- ◆ услуга, предоставляемая каждым онтологическим аспектом автономна;
- ◆ планирование комплексных услуг осуществляется с помощью операций семантической композиции онтологий (уточнение, объединение, клонирование и др.).

Применительно к цифровым испытаниям предметная область исследования соотносится с понятием необслуживаемого автономного технического комплекса (АТК), эксплуатируемого в долгосрочной перспективе в условиях интенсивного дестабилизирующего воздействия внешней среды. Основной эксплуатационной характеристикой АТК произвольной прикладной ориентации является его долговечность, т.е. способность выполнять поставленные целевые задачи в течение требуемого срока активного существования всеми входящими в ее состав компонентами. Такой онтологический аспект представления АТК позволяет формализовать типовые задачи облачных услуг. Для примера выделим среди них следующие:

- ◆ оперативный мониторинг уровня опасности и выбор защиты АТК от воздействия дестабилизирующих факторов,
- ◆ подтверждение соответствия оценок стойкости АТК к воздействию факторов требованиям качества,
- ◆ технический разбор причин отказов и чрезвычайных событий,
- ◆ формирование стратегий надежной защиты АТК от дестабилизирующего воздействия факторов влияния,
- ◆ оценка возможных последствий воздействия факторов на состояние АТК,
- ◆ выделение профилей факторов воздействия, способных оказать резонансные или мультипликативные эффекты воздействия на компоненты АТК.

Несмотря на различие в постановках перечисленных задач универсальным инструментом их решения может служить сервис факторного анализа в формате ситуационного моделирования, прогнозирования и целеполагания (СМПЦ), обладающего фрактально-синергетическими свойствами. Здесь под фрактальностью понимается гибкая масштабируемость СМПЦ, под синергетичностью — методологическая ориентация на исследование энтропийных свойств самоорганизации необратимых фазовых переходов в процессе трансформации состояний и деградации функциональных возможностей АТК.

Концептуально формат СМПЦ выражает унифицированный онтологический аспект риск-контроллинга класса ED@RR (Early Detection and Rapid Response, раннее обнаружение и быстрое реагирование) динамики дестабилизирующего воздействия факторов влияния на АТК. Услуги, предоставляемые по онтологической схеме СМПЦ, открывают практически неограниченные возможности для формализации и последующего сравнения эффективности вариантов конвергентных приложений класса ED&RR, реализующих «умные» стратегии упреждающего контроля, эшелонированной защиты и блокировки рисков дестабилизации компонент АТК одновременно на локальном, групповом и корпоративном уровне в режиме кибер-физических систем.

Разработка облачного сервиса реализации приложений ED&RR требует формализации онтологических аспектов информационных инфраструктур и схем интеграции знаний. Для решения этой проблемы предлагается онтологическая модель системной динамики, определяющей последствия дестабилизирующего многофакторного воздействия на основе композиции темпоритмических моделей процессов следующих типов:

- ◆ формирование критического профиля факторов деструктивного воздействия,

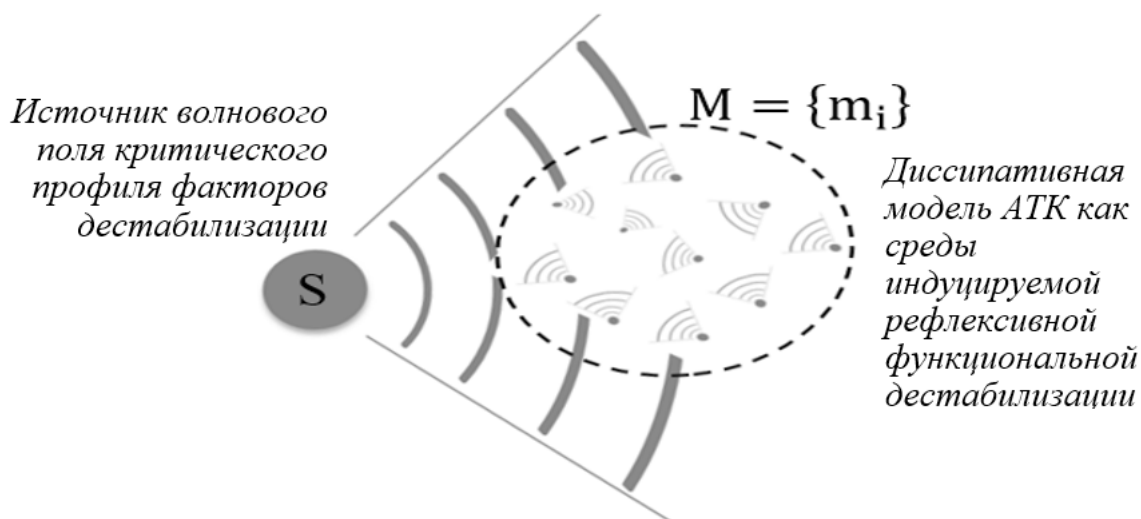


Рис. 1. Фрактально-синергетическая модель самоорганизации цикло-волновой системной динамики

- ◆ процесс динамического распределения поглощенной дозы на компонентах АТК,
- ◆ процесс проявления функциональной дестабилизации на объектах виртуальной реальности.

Понятие критического профиля факторов деструктивного воздействия формально определяется циклически-повторяющимся процессом критической диффузии факторов деструктивного воздействия. Понятие поглощения воздействия уточняется на основе формального представления АТК диссипативной возбудимой средой компонент (подсистем, агрегатов и блоков и др.), чувствительных к циклически повторяющимся явлениям внешнего дестабилизирующего воздействия. Понятие функциональной дестабилизации АТК ассоциируется с когерентными процессами трансформации состояния компонент, последствия которых проявляются в виде возникновения явлений взаимной рефлексии. В синергетике такая ситуация называется вихревым состоянием «воронки», «затягивающей» все компоненты системы систем независимо от физической сущности в единый процесс трансформации, для которого временной ряд показателя  $i$ -ой компоненты  $G(i, t)$  в произвольный момент времени  $t \in [t_1, t_2]$  подчиняется сингулярной закономерности  $G(i, t) = \varphi(t) + v(i, t) + \varepsilon(t)$ , где  $\varphi(t)$  — об-

щий тренд,  $v(i, t)$  — индивидуальные несистематические аттракторы,  $\varepsilon(t)$  — шум.

Рассматриваемая концепция представлена на рис. 1 в виде универсальной фрактально-синергетической мета-онтологии когерентной цикло-волновой системной динамики.

Каждому индивидуальному контуру цикло-волновой динамики сопоставлен твининг — унифицированный формат представления знаний о фрактальной двунаправленной динамике, циклической и линейной. В модели различаются исходные (первичные), и индуцируемые (вторичные) твининги, в совокупности, формально представляющие когерентную цикло-волновую системную динамику.

### Заключение

Предложенная концепция онтологического моделирования цикло-волновой системной динамики возбуждения и дестабилизации АТК обеспечивает возможность быстрой разработки прототипов облачного сервиса исследования и отладки «умной» технологии виртуальной инженерии испытаний технических средств разной прикладной ориентации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шалумов А. Автоматизированная система обеспечения надежности и качества аппаратуры (АСОНИКА) 2017. — URL: <http://asonika.com>
2. Бухановский А.В., Ковальчук С. В., Марьин С. В. Интеллектуальные высокопроизводительные программные комплексы моделирования сложных систем: концепция, архитектура и примеры реализации // Известия вузов. Приборостроение. — 2009. — Т. 52, № 10. — С. 5–24.
3. Ricardo Caferra Logic for Computer Science and Artificial Intelligence. — John Wiley & Sons, 2013. — 537 p.