

Сквозное моделирование наукоемкой продукции на этапах жизненного цикла

Г. В. Верхова¹, С. В. Акимов²

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

¹galina500@inbox.ru, ²akimov-sv@yandex.ru

Аннотация. Представлена методология сквозного моделирования наукоемкой продукции на этапах жизненного цикла при помощи многоаспектных моделей. В основу среды многоаспектного моделирования положены комплексные и интегративные модели, обеспечивающие моделирование продуктовой линейки и отдельно взятых изделий на всех этапах жизненного цикла с единых методологических позиций. Приведен пример стратегии сквозного многоаспектного моделирования инфокоммуникационной сети на всех этапах жизненного цикла.

Ключевые слова: сквозное моделирование; многоаспектное моделирование; комплексные модели; интегративные модели; жизненный цикл; CALS; среда многоаспектного моделирования; наукоемкая продукция; инфотелекоммуникационная среда

I. ВВЕДЕНИЕ

Современным специалистам в различных областях знаний постоянно приходится иметь дело со сложными системами и объектами, рассматривая их под разными углами зрения, сравнивать объекты и группы объектов по нескольким критериям, проектировать новые системы и модернизировать существующие. Специалисты вынуждены постоянно взаимодействовать как со своими коллегами, так и со специалистами из других, часто весьма отдаленных областей знаний, вырабатывать компромиссные решения, действовать в условиях недостаточной информации [1–2]. Современные экономические реалии требуют выработки конкурентоспособных решений в кратчайшие сроки, что требует наличие технологий, дающих возможность генерировать несколько вариантов решений, оценивать решения по нескольким критериям и выбирать те из них, которые в максимальной степени удовлетворяют условиям решаемых задач. В основу таких технологий должен быть положен особый вид моделей, обеспечивающих многоаспектное представление знаний о моделируемых объектах на всех этапах жизненного цикла.

Классические математические модели, являющиеся системами интегро-дифференциальных или алгебраических уравнений, не содержат в явном виде знаний о структурно-функциональных свойствах объектов, ограничиваясь лишь представлением естественных процессов, протекающих в моделируемых объектах. Такие

модели не содержат и многие другие виды знаний. Эти модели являются одноаспектными, и тем самым принципиально не отличаются от моделей естественных наук. Кроме того, классические модели обычно предназначены для использования на каком-то одном этапе жизненного цикла. Суть технических объектов требует введения в модели многоаспектности, представлении моделью в явном виде знаний о структурно-функциональных свойствах моделируемых объектов, возможность генерации структурных решений и выбора решения, лучше всего удовлетворяющего условиям поставленной задачи. Это возможно лишь путем включения в математические модели технических объектов формализмов, используемых в современных информационных технологиях (объектно-ориентированных моделей, инженерии знаний, искусственного интеллекта и экспертных систем), теории исследования операций, математического программирования и теории принятия решений.

II. КОМПЛЕКСНЫЕ И ИНТЕГРАТИВНЫЕ МОДЕЛИ

A. Многоаспектное моделирование

Под многоаспектными моделями будем понимать модели, которые обеспечивают отражение различных аспектов объекта, и могут быть использованы на различных этапах жизненного цикла. Основными понятиями многоаспектного моделирования являются аспект и модель, пространство, среда и объект. Аспект отражает некоторую сторону объекта, точку зрения, взгляд на объект. Примерами аспектов являются: функциональные, конструктивные, технологические, организационно-экономические аспекты. Модели представляют собой формализмы, обеспечивающие один или несколько аспектов (рис. 1).

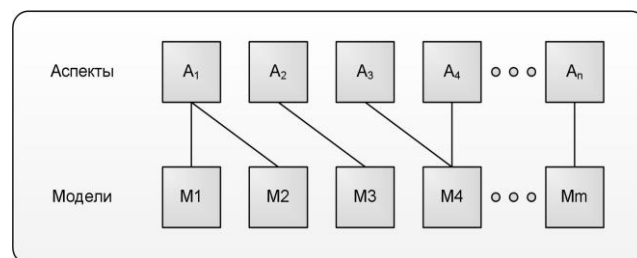


Рис. 1. Отношения аспект-модель

Многоаспектные модели могут отражать как отдельно взятый объект, так и целый класс объектов, и являются основой многоаспектной среды, обеспечивающей сквозное многоаспектное моделирование наукоемких изделий на всех этапах жизненного цикла. Многоаспектные модели могут быть представлены двумя классами: комплексных и интегративных моделей.

В. Комплексные модели

Комплексная модель – это системологическая модель, в которой представлены различные виды знаний об объекте, традиционно описываемые математическими моделями, относящимися к различным классам (1). Комплексная модель отражает различные аспекты отдельно взятого объекта и системные аспекты класса объектов [3]. Таким образом, комплексная модель описывает класс объектов на уровне системных аспектов и отдельно взятый объект на уровне всех аспектов, подлежащих рассмотрению, и для которых имеются обеспечивающие их формализмы. Комплексная модель призвана объединить множество математических и компьютерных моделей, представляющих различные аспекты объектов, в единое целое.

$$CXM = \langle A^{ob}, M^{ob+}, R^{CXM} \rangle, \quad (1)$$

где A^{ob} – аспекты представляемого объекта, и системные аспекты класса объектов, M^{ob+} – формализмы представления аспектов объекта и системных аспектов класса объектов, R^{CXM} – связи между ТЭХ, ТЭТ и M^{ob+} .

Для целей компьютерного моделирования комплексную модель можно представить в следующем виде (2):

$$CXM = \langle P^{(1)}, I, E, I^E, R, P^{(2)}, Eval, Valid \rangle, \quad (2)$$

где $P^{(1)}$ – первичные параметры объекта, E – информация о компонентах (подсистемах), составляющих объект, I – информация об интерфейсах моделируемого объекта, I^E – информация об интерфейсах компонентов (подсистем), R – коммутационное пространство, $P^{(2)}$ – вторичные параметры объекта, $Eval$ – правила вычисления вторичных параметров объекта, $Valid$ – правила валидации объекта.

Комплексные модели не подменяют другие типы моделей (математические, имитационные, статистические), а являются своеобразной надстройкой над ними. Они являются связующим звеном, объединяющим другие модели в единое целое. Таким образом, в теории комплексных моделей разрабатываются механизмы, обеспечивающие:

- сведение информационных моделей, описывающих различные аспекты объекта в единую систему;
- установление связей между информационными моделями и предсказательными моделями (математической физики, имитационных, статистических);
- манипуляцию информационными моделями без обращения к предсказательным моделям

(нахождение объектов отвечающих определенным требованиям, определение совместимости между объектами, комплексирование объектов), включая многокритериальный и интеллектуальный поиск, учет совместимости объектов.

С. Интегративные модели

Интегративная модель – это системологическая модель класса объектов, содержащая знания, как об анализе, так и о синтезе объектов, принадлежащих рассматриваемому классу (3). Интегративная модель – это оптимизационная многокритериальная модель со структурно-параметрическим управлением, содержащая механизмы формализованного представления технико-экономических требований (ТЭТ), заданное интенционально множество структурно-параметрических решений [4], методы вычисления всех интересующих характеристик объекта и алгоритм решения многокритериальной оптимизационной задачи.

$$Integrum = \langle MSO^U, ТЭТ^U, ТЭХ^{Sel}, S^{Sel}, Op^{Opt} \rangle \quad (3)$$

Здесь MSO^U – множество математических моделей всех системных объектов, принадлежащих некоторому классу, $ТЭТ^U$ – обобщенная ТЭТ для данного класса систем, S^{Sel} – техническое решение, с технико-экономическими характеристиками $ТЭХ^{Sel}$, найденное при помощи оператора Op^{Opt} .

Интегративная модель строится на основе различных видов формализмов: математический анализ и линейная алгебра, математическое программирование, теория многокритериальной оптимизации, инженерия знаний, теория алгоритмов, технология программирования и информационные технологии. Таким образом, теория интегративных моделей должна обеспечить:

- создание методов интенционального представления множества альтернативных структурных решений (морфологическое множество), инвариантных типу моделируемых объектов;
- организация поиска на множестве структурных решений (морфологическом множестве);
- организацию вычисления характеристик и целевой функции синтезируемых объектов с использованием внешних систем компьютерного моделирования (с привлечением механизмов комплексных моделей).

Совместное использование комплексных и интегративных моделей обеспечит представление информации об объектах и классах объектов во всем разнообразии.

III. КОНЦЕПЦИЯ СКВОЗНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Киберсреда CALS нового поколения должна обеспечить непрерывное (сквозное) моделирование наукоемких изделий на всех этапах жизненного цикла, проводимое с единых методологических позиций. Данная среда должна обеспечить представление моделей как

продуктовой линейки, так и отдельного изделия, допускающего глубокую кастомизацию. При этом целесообразно сместить акценты с отдельно взятых компьютерных систем, задействованных в поддержке жизненного цикла, на аспекты, и тем самым, обеспечить максимально естественное представление информации, а также обеспечить распределенное моделирование (рис. 2).

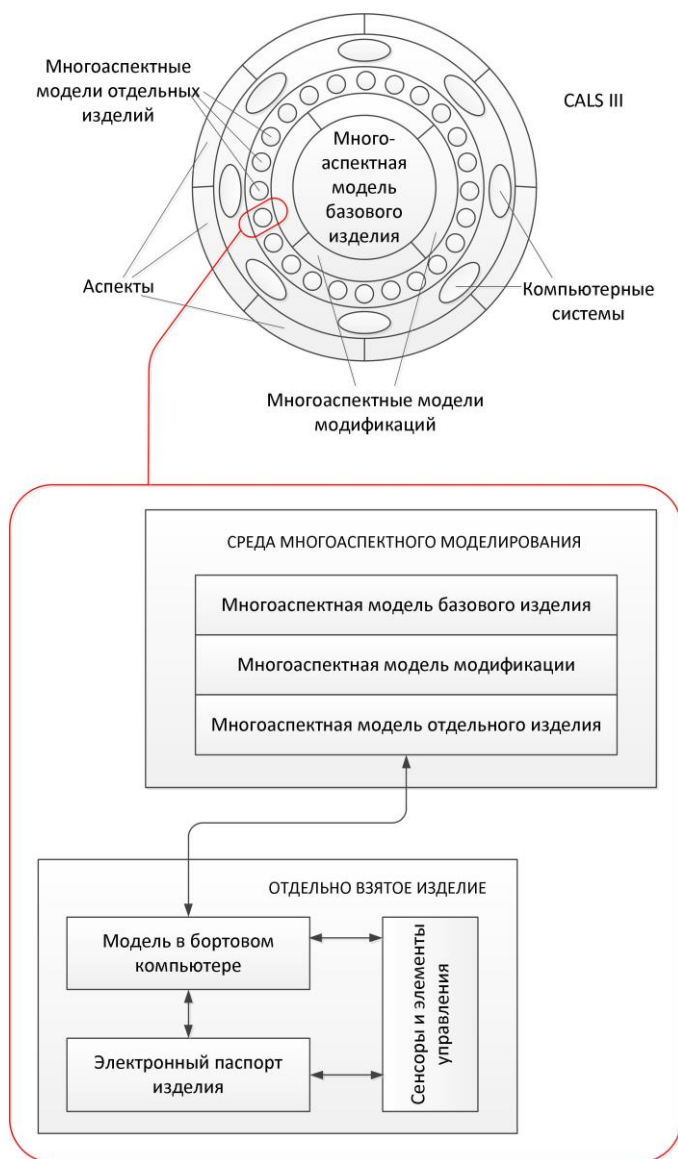


Рис. 2. Концепция многоаспектного распределенного моделирования в CALS следующего поколения

Применение многоаспектных моделей позволит достичь нового уровня виртуализации [5], гарантируя полноту и целостность информации на всех этапах жизненного цикла, повышение степени повторного использования технических решений, динамическое формирование групп специалистов и распределенных производств, возможность управления как проектом, так и отдельно взятыми изделиями (рис. 3).

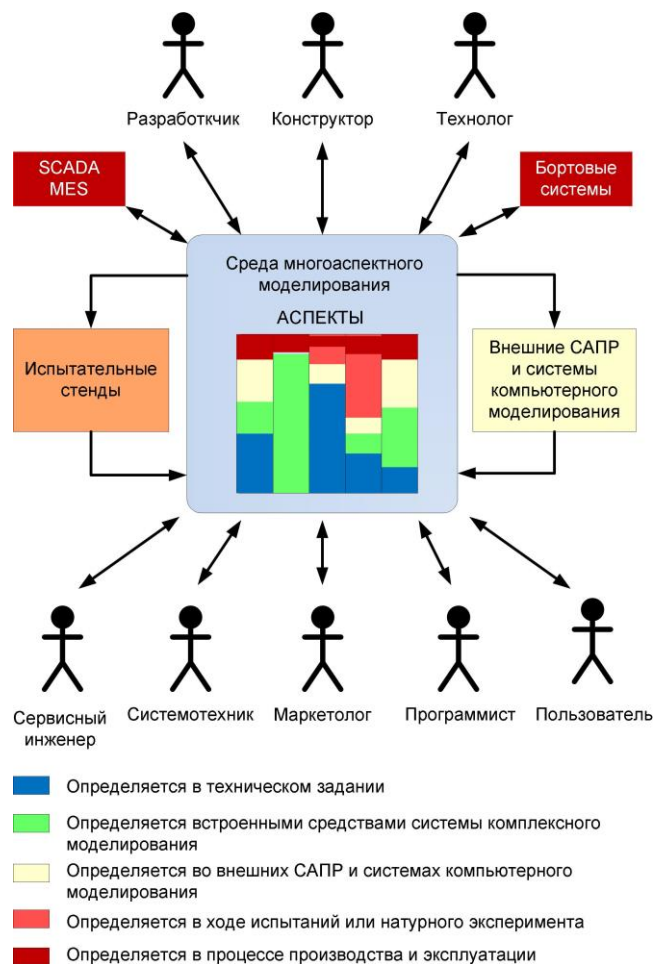


Рис. 3. Концепция сквозного многоаспектного моделирования

IV. СКВОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Сквозное моделирование наукоемких изделий на этапах жизненного цикла рассмотрим на примере инфокоммуникационной сети. На первом этапе формализуются системные аспекты создаваемой инфокоммуникационной сети. Создание многоаспектной модели следует начать с представления обобщенных технико-экономических характеристик ТЭХ^U инфокоммуникационной сети, что достигается путем идентификации множества параметров P_i , необходимых для исчерпывающего описания ее ТЭХ, определения их типов и областей принимаемых значений P_i^{constr} (4).

$$ТЭХ^U = \{P_i\}, P_i \in P_i^{constr}, i \in [1, n] \quad (4)$$

В результате выполнения данной процедуры будет получен информационный шаблон для задания множества технико-экономических характеристик инфокоммуникационных систем. Информационная модель отдельно взятой системы может быть получена путем задания конкретных значений P_i^* , с учетом выполнения требований (5).

$$TЭX^U = \{P_i^*, i \in [1, n]\} \quad (5)$$

$TЭX$ позволяет представить системные аспекты отдельно взятой инфокоммуникационной сети, а $TЭX^U$ – целого класса сетей. Следующим шагом является формализация технико-экономических требований к классу телекоммуникационных систем $TЭT^U$, путем задания квалиметрических функций на $TЭX^U$:

$$TЭT^U = Q(TЭT^U) = \{Q_i(P_i)\}, i \in [1, n] \quad (6)$$

Как и в случае с формализованным представлением технико-экономических характеристик, представление технико-экономических требований к отдельно взятой инфокоммуникационной системе задается путем конкретизации $TЭT^U$. В общем виде $TЭT$ представляет собой вектор, состоящий из частных критериев, но при необходимости может быть преобразован в скалярную величину, путем применения одной из процедур свертки критериев:

$$K = \{\alpha_i, Q_i(P_i)\}, i \in [1, n] \quad (7)$$

Выражения (4-7) представляют системные аспекты инфокоммуникационной сети, включая формализованное техническое задание и показатели качества. Если данные выражения достаточно полно описывают объект, включая оценку качества системы на протяжении всего жизненного цикла, то можно считать, что формулы (4-7) одновременно характеризуют и саму систему жизненного цикла.

На втором этапе выполняется проектирование инфокоммуникационной сети. Для достижения максимальной эффективности необходимы комплексные модели модулей различного уровня разукрупнения, из которых создается инфокоммуникационная сеть и автоматизированная система комплексирования, представляющая собой специализированную автоматизированную информационно-аналитическую систему, содержащую информацию о радиоэлектронных модулях от различных производителей.

На третьем этапе осуществляется реализация инфокоммуникационной сети по созданному проекту. Информационно-аналитическая система электронных модулей может быть сопряжена с системой электронной коммерции, что обеспечит оперативное приобретение необходимых электронных модулей для создания и модернизации. Так как модули в системе представлены комплексными моделями, то сконфигурированная модель инфокоммуникационной сети может быть использована и в процессе эксплуатации.

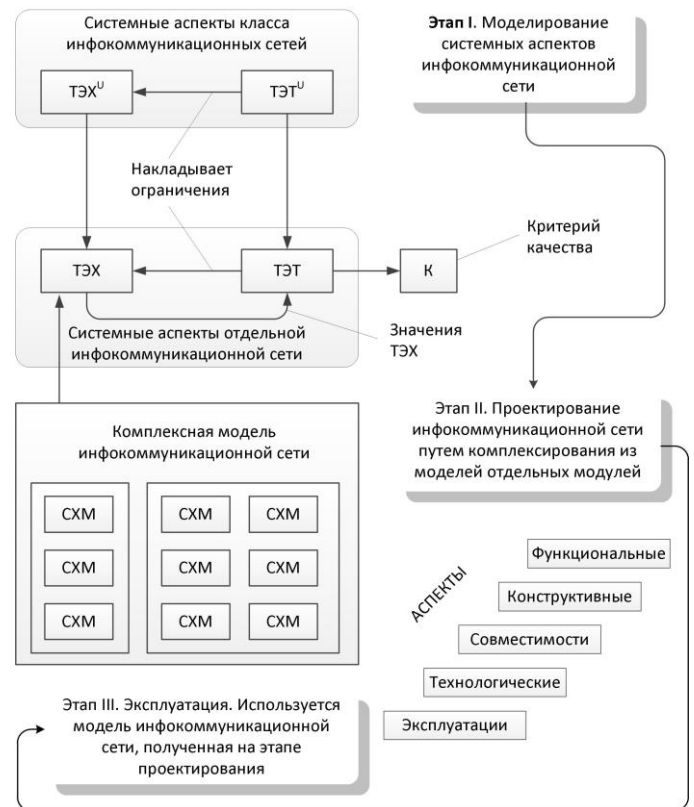


Рис. 4. Сквозное моделирование инфокоммуникационной сети

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предложен подход к сквозному моделированию наукоемких изделий на всех этапах жизненного цикла, выполняемый с единых методологических позиций. Данный подход обеспечит применение одних и тех же моделей на протяжении всего этапа жизненного цикла – от маркетинговых исследований до утилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Beattie M.P., Zheng H., Nugent C.; McCullagh P. COPD lifestyle support through self-management (CALS) // 2014 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2014, pp. 1-7.
- [2] Saaksvuori A., Immonen A. Product Lifecycle Management. Berlin: Springer, 2008. 254 p.
- [3] Akimov S.V., Verkhova G.V. The four-level integrative model methodology of structural and parametric synthesis of system objects / Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2016, pp. 321-323.
- [4] Akimov S.V., Verkhova G.V. The linguistic support of morphological set modeling / Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2016, pp. 337-340.
- [5] Samaranayake P., Ramanathan K., Laosirihongthong T. Implementing industry 4.0 – A technological readiness perspective // 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). 2017, Pp. 529-533.