

О. В. МАЙДАНОВИЧ

ДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Представлен анализ современного состояния исследований процессов управления жизненным циклом сложных объектов. Предложена оригинальная динамическая интерпретация указанных процессов, базирующаяся на теории управления структурной динамикой.

Ключевые слова: жизненный цикл сложных объектов, управление структурной динамикой, комплексное моделирование.

В настоящее время особое внимание отечественных и зарубежных научных школ привлечено к решению таких актуальных проблем, как создание и внедрение новых поколений систем управления жизненным циклом сложных объектов и их основной разновидности — сложных организационно-технических систем (СОТС). При этом на практике (особенно в условиях рыночных отношений) имеют место экономическая неравномерность и неравнозначность различных программ выделения денежных средств на проектирование, разработку, эксплуатацию и совершенствование основных элементов и подсистем СОТС. В этой ситуации каждому конкретному варианту создания и применения СОТС (в том числе, в космической отрасли) соответствуют различные соотношения между эффективностью и стоимостью указанных систем. В этой связи в последнее время значительно возрос интерес к исследованию проблем, связанных с оцениванием и анализом эффективности жизненных циклов СОТС и выбором наиболее предпочтительных вариантов управления их развитием.

Под жизненным циклом сложных организационно-технических систем понимается последовательность фаз их развития от момента формирования облика данных систем до момента снятия их с эксплуатации (перехода на новую систему). Проведем краткий анализ современного состояния исследований в рассматриваемой предметной области.

Возросший интерес к проблемам создания и внедрения систем управления жизненным циклом сложных объектов привел к необходимости проведения значительного количества фундаментальных и прикладных междисциплинарных исследований по данным вопросам. В качестве первого примера такого рода исследований можно привести международный проект PROMISE (Product Lifecycle Management and Information Tracking Using Smart Embedded Systems), в разработке которого участвовали 22 организации из Евросоюза, Швейцарии, Японии, Австралии и США [1]. В результате выполнения этого проекта, успешно завершено в 2008 г., была предложена более совершенная технология управления жизненным циклом, которая получила название CL₂M (Closed Loop Lifecycle Management — управление жизненным

циклом ЖЦ с обратной связью). На русском языке в настоящее время, к сожалению, нет публикаций, посвященных изложению сущности этой новой технологии, являющейся естественным развитием PLM-технологии. За рубежом в наиболее концентрированном виде концепция CL₂M получила свое развитие в проектах PROMISE и DYNAMITE (Dynamic Decisions in Maintenance).

В проекте PROMISE рассматриваются три фазы жизненного цикла COTC:

— начальная (Beginning of Life — BOL) — фаза создания системы, включающая этапы проектирования и производства;

— средняя (Middle of Life — MOL) — применение (использование) системы, ее техническое обслуживание, различные услуги, в том числе ремонт;

— конечная (End of Life — EOL) — эта фаза может характеризоваться различными сценариями: повторным использованием изделия после его модернизации, повторным использованием составных частей или материалов изделия после его разборки, применением новых материалов с улучшенными свойствами, передачей (продажей) для использования по новому назначению или для уничтожения.

Проект PROMISE фокусирует внимание на полном жизненном цикле, но доминантным фактором является необходимость обеспечения обратной связи фаз MOL и EOL с фазой BOL. Это вызвано следующими обстоятельствами: взаимообмен информацией, полученной на этапах проектирования и производства, входящих в состав BOL, осуществляется достаточно эффективно благодаря таким интеллектуальным информационным системам, как CAD/CAM; системы PDM и KM (управления знаниями) также эффективно используются предприятиями промышленности и поставщиками; обмен информацией между фазами BOL, MOL и EOL гораздо слабее. Поступление информации о состоянии большинства технических изделий, особенно высокотехнологичных, выработавших назначенный ресурс, об изделиях бытовой электроники (холодильниках, стиральных машинах и др.), о транспортных средствах и т.д. практически прекращается после поставки изделий потребителю, так как обратная связь от потребителей к разработчикам и производителям отсутствует.

По итогам выполнения проекта PROMISE всем, кто причастен к жизненному циклу COTC, поступает важное концептуальное бизнес-предложение: одновременно с созданием ценностей учитывать процессы преобразования информации, получаемой на всех этапах жизненного цикла, в знания, что позволит улучшить качество товаров и услуг, обеспечить эффективное и устойчивое развитие производства. Основным результатом проекта PROMISE, в конечном счете, заключается в разработке методологии замыкания сформированных на этапах MOL и EOL потоков информации о состоянии изделий на разработчиков и изготовителей. Прерывание потока данных об изделии прежде, чем оно закончит свой жизненный цикл, не позволяло ранее использовать профессиональный опыт и знания специалистов по техническому обслуживанию, ремонту и рециклингу (повторному использованию материалов) при проектировании и производстве.

Реализация проекта PROMISE предполагает широкое использование интеллектуальных информационных сенсоров и приборов, встраиваемых в изделие, а также мобильных информационных технологий (например, радиочастотных меток — RFID tags, приемников GPS, GSM-сигналов), что позволяет осуществлять глобальное и локальное позиционирование изделий, получать, предварительно обрабатывать, хранить и передавать данные о состоянии изделия, а также сведения о необходимом объеме его обслуживания.

В проекте DYNAMITE [2] основные усилия исследователей были направлены на разработку перспективного метода технического обслуживания и ремонта (ТОиР), который базируется на принятии решений о необходимости и объеме обслуживания (ремонта) изделия в реальном времени в процессе его работы. В результате этих исследований были разработаны практические рекомендации по применению новых решений, предложенных в проекте

PROMISE и обеспечивающих более эффективный вклад этапа ТОиР в выполнение таких задач, как создание условий для устойчивого развития промышленности и общества, сохранение ресурсов и снижение нагрузки на окружающую среду, управление безопасностью персонала и разнообразными рисками, повышение безотказности, готовности и конкурентоспособности оборудования. Перспективы процесса ТОиР связываются с широким применением электронного обслуживания (e-maintenance), реализация которого позволит ответить на следующие вопросы: какое оборудование и когда нуждается в обслуживании или/и ремонте, кто его должен выполнить, имеются ли в наличии и готовы ли для выполнения работ запасные части системы и необходимые руководства. В этом случае на встроенные в будущие изделия интеллектуальные информационные сенсоры и приборы (например, построенные на других физических принципах) можно будет наряду с функциями позиционирования, контроля и диагностики возложить также функции автоматического составления отчетов о состоянии соответствующей подсистемы контролируемого оборудования, в том числе предоставления данных о всех возникающих неисправностях, об остатке ресурса изнашиваемых деталей, о ресурсе расходных материалов, о загрузке оборудования и режиме его эксплуатации. Ключевыми элементами предлагаемого электронного обслуживания будут технологии, базирующиеся на Web-сервисах дистанционного администрирования, мониторинга, тестирования, диагностики и прогнозирования состояния эксплуатируемых изделий, а также технологии реконфигурации их структур в случае возникновения аварийных и нештатных ситуаций и отсутствия необходимых резервов.

Однако для реализации перечисленных возможностей современных информационных технологий и систем при решении проблем анализа и синтеза систем управления жизненным циклом сложных объектов необходимо разработать соответствующие методологические и методические основы. Кратко остановимся на одном из перспективных подходов к конструктивному решению данных проблем — структурно-динамической интерпретации указанных процессов.

Руководствуясь основополагающими концепциями и принципами системного подхода, целесообразно проблему управления жизненным циклом СОТС рассматривать не изолированно, а в рамках более общей проблемы управления структурной динамикой системы на различных этапах ее жизненного цикла [3—6]. Данная динамическая интерпретация позволяет, *во-первых*, непосредственно связать общие цели, на достижение которых ориентировано функционирование СОТС, с целями, которые реализуются в ходе управления ее структурами, *во-вторых*, обоснованно определить и выбрать соответствующие последовательности решаемых задач и выполняемых операций (действий), связанных со структурной динамикой (другими словами, синтезировать технологию управления СОТС), и, *в-третьих*, осознанно найти компромиссные решения при распределении ограниченных ресурсов, выделяемых на управление структурной динамикой.

Говоря о задачах управления структурной динамикой СОТС на различных этапах ее жизненного цикла, следует, прежде всего, исходить из так называемого *структурно-функционального подхода* (СФП) к описанию объектов любой природы [3—5]. Структурно-функциональный подход, в общем случае, представляет собой совокупность философских концепций и объективных закономерностей развития систем, научных положений и выводов, определяющих стратегию и методы анализа и синтеза антропогенных систем, к которым, в частности, относится СОТС [3, 5]. Характерными особенностями СФП являются [3]: учет диалектической взаимосвязи функций и структуры объекта при определяющей роли функции по отношению к структуре; целостный подход к анализу и синтезу многоуровневых систем; учет вещественно-энергетических и информационных связей между элементами системы; учет взаимосвязи исследуемой (создаваемой) системы с внешней средой.

Взаимоотношения функций и структур СОТС в процессе ее развития характеризуются не только единством, но и противоречиями между ними. При этом разрешение указанных противоречий может осуществляться различными альтернативными путями — от полного отказа от прежней структуры (структур), переставшей соответствовать новому содержанию (новым функциям), до использования прежней структуры (структур) несмотря на существенно изменившиеся функции. Управление структурной динамикой СОТС в этом случае направлено на формирование оптимальной последовательности действий, которая должна обеспечить наилучшее разрешение (с точки зрения лица, принимающего решение) диалектического противоречия между функциями и соответствующими структурами на каждом из этапов жизненного цикла СОТС. При этом на ранних этапах жизненного цикла должны быть синтезированы такие взаимосвязанные множества функций и структур, а также внесен такой уровень избыточности в указанные множества, при которых на этапе применения системы по целевому назначению будет обеспечена возможность гибко реагировать на все расчетные и нерасчетные нештатные ситуации, вызывающие деградацию и реконфигурацию ее структур.

Применительно к процессам управления жизненным циклом СОТС целесообразно исходить из того, что, во-первых, данные процессы имеют многоэтапный и многоуровневый характер, и, во-вторых, сама управленческая деятельность предполагает реализацию взаимосвязанной последовательности актов принятия решений, осуществляемых как в автоматическом, так и в автоматизированном режиме (в последнем случае, например, с участием лиц, принимающих решения, и лиц, обосновывающих рассматриваемые решения [5, 6]).

Предлагаемая динамическая интерпретация процессов управления жизненным циклом СОТС позволяет, как показывает предварительный анализ, воспользоваться многоэтапной процедурой структурно-функционального синтеза облика сложных объектов, включающей в общем случае две основные фазы — во-первых, формирование многоструктурных макросостояний, соответствующих требуемому целевому назначению объекта, и, во-вторых, синтез и реализацию программ перехода из заданного (исходного) многоструктурного макросостояния в требуемое (сформированное на первой фазе) макросостояние [5, 6].

Итак, рассматривая процессы управления жизненным циклом СОТС во взаимосвязи с процессами управления структурной динамикой данных систем, для конструктивного решения задач комплексной автоматизации и интеллектуализации указанных процессов можно привлечь методологические и методические основы современной теории задач управления обобщенными динамическими системами с перестраиваемой структурой [5].

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных при финансовой поддержке Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН (проекты № 2.11, 2.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Life-Cycle Management: State of the art theory and practice // Intern. J. of Life Cycle Assessment. 2002. Vol. 7. N 6.
2. Stark J. Product Lifecycle Management: Paradigm for 21st Century Product Realisation. Springer, 2004.
3. Балашов Е. П. Эволюционный синтез систем. М.: Радио и связь, 1985. 328 с.
4. Кульга К. С. Автоматизация технической подготовки и управления производством на основе PLM-системы. М.: Машиностроение, 2008. 256 с.
5. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006.
6. Майданович О. В., Охтилев М. Ю., Куссиль Н. Н., Соколов Б. В., Цивирко Е. Г., Юсупов Р. М. Междисциплинарный подход к оцениванию и анализу эффективности информационных технологий и систем // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 11. С. 7 — 16.

Сведения об авторе

Олег Владимирович Майданович

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, кафедра компьютерной математики и программирования; E-mail: sid.sn@yandex.ru

Рекомендована СПИИРАН

Поступила в редакцию
10.06.12 г.