

УДК 004.415.2

А.А. Куприянов, А.С. Мельниченко

## ПОДХОДЫ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

**Куприянов Анатолий Александрович**, кандидат технических наук, доцент, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Ведущий научный сотрудник ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Область научных интересов – методология построения и создания распределенных вычислительных систем. Имеет научные работы и статьи по направлению проектирования и разработки локальных и корпоративных сетей, комплексов средств автоматизации и автоматизированных систем управления специального и общего назначения. [e-mail: aakupr1828@rambler.ru].

**Мельниченко Анатолий Степанович**, окончил факультет автоматики и вычислительной техники Московского института инженеров железнодорожного транспорта. Старший преподаватель кафедры «Телекоммуникационные технологии и сети» Ульяновского государственного университета. Специализируется в области моделирования процессов технологической подготовки разработки программных продуктов и экспертных систем. Имеет научные работы и статьи в области программной инженерии. [e-mail: masulgu@yandex.ru].

### Аннотация

В статье рассмотрены теоретические, практические и организационные аспекты интеллектуализации процессов системной инженерии в жизненном цикле (ЖЦ) автоматизированных систем (АС). Представлены модели оценки качества проектных решений и технологической зрелости процессов проектирования и разработки АС.

Ключевые слова: автоматизированная система, база знаний, интеллектуализация, метапроцесс, многомерная модель, проектное решение (артефакт), системная инженерия, хранилище шаблонов.

**Anatoly Alexanderovich Kupriyanov**, Candidate of Engineering, Associate Professor, graduated from the Faculty of Radio-Engineering at Ulyanovsk Polytechnic Institute; leading staff scientist at FRPC OJSC 'RPA 'Mars'; interested in the field of methodology of creation and building of distributed computer systems; author of papers and articles in design and development of local and corporate networks, computer-aided packages, and special- and general-purpose computer-aided control systems. e-mail: aakupr1828@rambler.ru.

**Anatoly Stepanovich Melnichenko**, graduated from the Faculty of Automated Mechanisms and Computers at Moscow Rail-Transport Engineer College; senior lecturer at the Chair 'Telecommunications Technologies and Networks' of Ulyanovsk State University; specializes in the field of modeling of technological-preparation processes of development of software and expert systems; author of papers and articles in the field of software engineering. e-mail: masulgu@yandex.ru.

### Abstract

The article deals with theoretical, practical and organizational aspects of intellectualization of system-engineering processes in life cycle of computer-aided systems. It also presents models of quality assessment for design decisions and technological maturity of design and development processes of computer-aided systems.

Key words: computer-aided system, knowledge base, intellectualization, meta-process, multivariate model, design decision (artifact), system engineering, template repository.

## ВВЕДЕНИЕ

Понятие системной инженерии<sup>1</sup> применяется в широком и узком смыслах. В широком смысле – это производственная инженерия предприятий и организаций. В узком смысле системная инженерия – это этапы проектирования и разработки автоматизированной системы, начиная с онтологической модели<sup>2</sup> системы и завершая ее внедренческой моделью<sup>3</sup> [1, 2].

Системная инженерия задает *онтологическую модель* для исследования *систем*, включая их назначение, границы, элементы, связи, стейкхолдеров (stakeholders) и их интересы. Процессы системной инженерии регламентированы различными стандартами, в том числе международным стандартом «Systems and software engineering – System life cycle processes» («Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем») ISO/IEC 15288:2008.

Стандарты системной инженерии отвечают на вопрос о том, что нужно делать в процессах проектирования, разработки и эксплуатации систем, и определяют:

- фундаментальные основы системной инженерии;
- области применения системной инженерии;
- процессы системной инженерии;
- модели-ориентированный подход к представлению процессов;
- роль человека в системной инженерии;
- границы применения системной инженерии (предприятие, корпорация, организация);
- пути реализации процессов системной инженерии (подходы, методики, технологии, процедуры, инструментальные средства).

Вопрос же о том, как это нужно делать в процессах проектирования, разработки и эксплуатации систем, остается открытым.

Действительно, в реальных условиях разработки проектов АСУ специалисты (аналитики, системщики), выполняя деятельность, которую можно отнести к системной инженерии, опираются на ГОСТ, стандарты предприятия,

руководящие указания и другие нормативные документы, пытаются определить, что и как делать в процессах проектирования, разработки и эксплуатации систем. Однако соответствующая деловая среда<sup>4</sup> не формируется, ее составляющие не систематизированы и не упорядочены.

Настоящая статья освещает проблему формирования деловой среды. Предлагается подход к формированию деловой среды, которая определена как виртуальная организация [4, 5]. Виртуальная организация (виртуальная деловая среда) имеет на входе онтологическую модель, на выходе формирует внедренческую модель.

Акцент делается на особенностях виртуальной деловой среды, применяемой на этапах проектирования и разработки АСУ, включающей интеллектуальные инструменты поддержки принятия решений заинтересованными лицами (совладельцами)<sup>5</sup>. Интеллектуальный инструментариум обеспечивает извлечение и представление знаний специалистов заказчика и разработчика на этапах жизненного цикла АСУ для применения их в новых проектах систем.

## СТАНДАРТЫ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

В разработке сложных систем принимают участие десятки и сотни специалистов, зачастую из разных коллективов. В этих условиях проектирование и разработка систем невозможна без соответствующей нормативной базы. Следование требованиям нормативных документов позволяет создавать системы, которые отличает приемлемое качество и снижение затрат на их проектирование, разработку и использование [6].

Нормативной базой являются, прежде всего, международные и государственные стандарты в области системной инженерии: стандарты ИСО/МЭК, ГОСТ серии Р, стандарты профессиональных организаций (например, IEEE).

С целью перехода от общего описания процессов жизненного цикла к более детальному следует использовать стандарт ISO/IEC 15288 совместно с другими стандартами, содержащими более подробное описание отдельных процессов и работ, относящихся к этапам ЖЦ систем, а также использовать подходящие руководства по их применению. Среди этих документов можно упомянуть стандарты: ISO/IEC TR 19760 – руководство по применению стандарта ISO/IEC 15288; ГОСТ Р ИСО/МЭК 15271 – руководство по применению стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207; ISO/IEC 15939 – на процессы определения характеристик программных продуктов; ISO/IEC 15940 – на сервисы среды, относящиеся к программной инженерии; ISO/IEC TR 15846 – на управление конфигурацией; ISO/IEC 18019 – на процессы документирования; ГОСТ Р ИСО/МЭК 14764 – на сопровождение программного обеспечения; стандарты в области информационных технологий ГОСТ 34, а также стандарт IEEE 1220 – на процессы проектирования систем [7].

Среди множества стандартов, применяемых в процессах проектирования и разработки систем, стандарт ISO/IEC 15288 находится на вершине пирамиды, определяя

1 Системная инженерия – это применение методов анализа и теории принятия решений в отношении проблем проектирования и разработки систем.

Методология системной инженерии реализует пять функций:

- Определение проблемы – указание потребностей и ограничений путем анализа требований и взаимодействия с заказчиком.
- Анализ решений – выделение набора возможных способов удовлетворения потребностей и ограничений, их анализ и выбор оптимального.
- Планирование процессов – определение задач, которые должны быть выполнены, объема ресурсов и затрат, необходимых для создания систем.
- Контроль процессов – определение методов мониторинга процессов, измерение, оценка промежуточных состояний разрабатываемых систем и принятие по мере необходимости корректирующих действий.
- Оценка системы – определение качества систем путем тестирования, демонстрации, анализа, верификации и валидации [3].

2 Онтологическая модель – это перечень того, что видят заинтересованные лица, какие именно объекты и их аспекты они выделяют и считают важными при решении стоящих перед ними задач.

3 Внедренческая модель предполагает создание модели инновационной деятельности, где деятельность – процесс, связанный с трансформацией результатов исследований и разработок, информации, знаний и идей в новом изделии или усовершенствованном технологическом процессе.

4 Деловая среда – это основа для формирования и накопления методов, технических приемов и способов, инструментальных средств и обученного персонала (ISO/IEC 15288:2008).

5 Заинтересованные лица – представители заказчика, разработчика и пользователя.

место других стандартов, т. е. решает проблему «болота стандартизации», возникающей в период проектирования и разработки систем различного назначения.

Стандарт ISO/IEC 15288 предполагает внедрение и выбор методологий и технологий разработки систем. Без их выбора влияние стандарта ISO/IEC 15288 на жизнь организации не больше, чем влияние ISO 9000 при его формальном внедрении. Стандарт ISO/IEC 15288 способствует гибкому изменению «конфигурации» стандартов, приближая их к практическим потребностям проектной ситуации, определяет существование методической и инструментальной основы создания систем в виде «деловой среды». При этом стандарт ISO/IEC 15288 фиксирует в структуре деловой среды обеспечивающую систему<sup>6</sup>. Для противодействия растущей сложности систем стандарт регламентирует единый комплексный подход к их созданию и формированию процессов ЖЦ любого масштаба, сложности и уровня.

Применение стандартов системной инженерии не всегда выстраивается в удобную конфигурацию для их применения ввиду большого разнообразия понятий и определений, методологий, принципов, которые возникают и трудно разрешаются в период разработки АС. Эти противоречия являются «головной болью» заказчика и разработчика. Стандарт ISO/IEC 15288 определяет путь разрешения подобных ситуаций, возникающих на этапах ЖЦ систем.

Несомненно, применение стандарта ISO/IEC 15288 позволяет значительно улучшить состояние дел в проектировании и разработке систем различного назначения.

### Фундаментальные основы системной инженерии

В работах [1–3] раскрываются принципы системной инженерии в виде «десяти гармонизированных подходов» (переходов), которые определяют процессы совершенствования практик<sup>7</sup>.

#### 1. Переход к упорядоченному системному подходу.

Принципы системной инженерии определяют постоянное совершенствование практик проектирования и разработки систем, т. е. практики систематически пересматриваются и изменяются с целью их улучшения.

#### 2. Применение процессного подхода, который определяет внедрение на предприятии практик и процессов системной инженерии.

При внедрении процессного подхода необходимо рассматривать не просто структуру системы, а концепцию ее

<sup>6</sup> Обеспечивающая система (enabling system) – это система, которая служит дополнением к разрабатываемой системе на протяжении этапов ее ЖЦ, но необязательно вносит непосредственный вклад в ее функционирование (ISO/IEC 15288:2008).

<sup>7</sup> Практика (activity, practice). В стандартах по системной инженерии (ISO/IEC 15288 и др.) встречается понятие activity, а в стандартах по гибким методам производства (agile methodologies) – понятие practice.

В других стандартах (ISO TR 24774) практика – это способ группирования работ (tasks). Процесс считается состоящим из практик, а практики – из работ, а в ISO 9000 – процессы состоят из действий (activities), а действия – из задач (tasks).

Практикой называют также действия по управлению описанием ЖЦ систем (ISO/IEC 15288) и организации (establish), оцениванию (assess), улучшению процессов разработки систем.

полного ЖЦ с точки зрения управления проектом (например, стандарт США PMBOK (Project Management Body of Knowledge) – свод знаний по управлению проектами).

#### 3. Переход от одной группы описаний к множественности групп описаний.

Недостаточно иметь только одну точку зрения на систему любого из совладельцев, чтобы получить ее полное описание. Должны быть представлены различные группы взаимосвязанных описаний (заказчика, разработчика и пользователя). В системной инженерии этот подход отражен в стандарте архитектурных описаний ISO 42010 «Разработка программного обеспечения и проектирование систем. Рекомендуемая практика описания архитектуры программных систем».

#### 4. Переход к рабочему проектированию системы через ее архитектурное проектирование.

Архитектура системы описывает основные подсистемы и их взаимодействие на языке, свободном от деталей реализации. Одной архитектуре системы может соответствовать множество разных реализаций.

#### 5. Переход от непосредственной реализации систем к модели-ориентированному представлению в виде «виртуального продукта».

Нужно создавать проект «виртуального продукта», например, «виртуальной АС» [4]. На «виртуальной системе» можно проверять разрабатываемую АС в различных режимах для выявления ошибок проектирования и поиска рациональных решений, включая многовариантное моделирование архитектурных решений.

#### 6. Переход от документо-ориентированной технологии к дата-ориентированной и модели-ориентированной технологиям.

Документация должна создаваться не в виде бумажных или файловых документов, а в форматах хранилища данных.

#### 7. Переход к работе по управлению требованиями на протяжении всего ЖЦ проекта системы.

Для удовлетворения запросов совладельцев необходимо собрать все требования, проанализировать их, устранить противоречия и в итоге сформулировать требования для создания системы.

#### 8. Системная инженерия предполагает переход от контроля качества проектных решений (артефактов) к использованию процедур верификации и валидации системы на основе требований.

#### 9. Переход от методов линейного планирования («каскадная модель») к использованию более гибких методов («спиральная модель», «итеративная модель»), что подразумевает выделение ресурсов (материальных, финансовых, людских) с учетом проектной ситуации.

#### 10. Переход от «технологического конвейера» проектирования и разработки АС к «заказам-поставкам»<sup>8</sup>.

Комментарий: для выполнения практик нужно учесть связи между процессами (взаимодействие акторов), приводимые в описании процессов, и, кроме того, приспособить практики к имеющейся в организации инфраструктуре, уточнив использование методик (techniques) и инструментов (tools).

<sup>8</sup> «Технологический конвейер» – последовательность работ в головной проектной организации. «Заказ-поставка» – распределение работ между контрагентами.

Процесс управления ЖЦ системы нельзя считать «конвейером», т. е. просто выполнением серии технологически предписанных работ. Контрагенты участвуют в процессах проектирования и разработки (поставки) компонентов системы, выполняя контракты на оказание своих услуг.

В реальных условиях проектирования и разработки АС целесообразно применять различные сочетания представленных выше принципов, с учетом опыта и традиций проектной организации.

**МОДЕЛЕ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ**

Цель моделирования систем – понимание проблем, задач и методов их решения на этапах проектирования и разработки систем.

Существуют несколько типов моделей, основой которых являются как структурный, так и объектно-ориентированный подходы к моделированию. К числу методов моделирования относятся, в том числе:

- Метод моделирования, используемый в технологии Rational Unified Process (RUP).
- Методология структурного анализа и проектирования – Structured Analysis and Design Technique (SADT), интегрирующая процесс моделирования, управление конфигурацией проекта, использование дополнительных языковых средств и руководство проектом с графическим языком.

- Моделирование потоков данных – Data Flow Diagramming (DFD). Методология графического структурного анализа, описывающая внешние по отношению к системе источники и адресаты данных, логические функции, потоки данных и хранилища данных, к которым осуществляется доступ.

Кроме того, существуют различные подходы, или рамочные модели, методики (frameworks), к описанию архитектуры систем. В качестве примеров можно указать методику TOGAF [8] и модель Захмана [9].

Моделе-ориентированность позволяет создавать описания процессов системной инженерии, отражающие последовательную трансформацию системы. Этот класс моделей назван как метамодели [1, 2] на основе решений (decision-oriented process meta-models).

Существуют другие классы метамodelей, например метамодели на основе контекста (context-oriented process meta-models) (рис. 1), метамодели на основе стратегии (strategy-oriented process meta-models).

**Роль человека в процессах системной инженерии**

Один из принципов системной инженерии заключается в идентификации заинтересованных лиц, в обеспечении взаимодействия между ними.

В этом случае роль человека (actor) сводится к администрированию, компетенции, полномочиям, ответственности, конкретному участию в разработках и проектировании систем.

Приоритеты перехода к системной инженерии с точки зрения участия человека определяются следующими действиями [1, 2]:

- договориться о теориях и практиках, которые будут являться основой процессов ЖЦ систем;
- договориться о том, кто в организации какие практики будет обеспечивать;
- сделать так, чтобы в назначенных организационных местах появились люди, владеющие нужными знаниями (подходами, моделями, теориями);
- дать ресурсы компетентным людям;
- обеспечить и создать условия для эффективного обмена знаниями между совладельцами;
- определить «хозяина» процессов на предприятии, т. е. того, по чьим регламентам будут выполняться работы;
- определить процессы и их качество (стандарты серии ISO 9000);
- определить безопасность и качество приобретаемых компонентов, в том числе программных средств (ПС);
- определить особенности работ по реинжинирингу бизнес-процессов;
- определить, кто отвечает за соблюдение стандартов.

**РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

Системная инженерия упорядочивает множество принципов, методов, подходов, инструментальных средств, нормативных документов, привязывая их к этапам ЖЦ сложных систем различного назначения.

Системная инженерия проводится на основе следующих положений:

- процессный подход – деятельность, разделенная на практики (элементы деятельности, activities), которые выполняют акторы (actors, agents, «деятели») над системой;
- взаимодействуют не процессы, а их акторы;
- жизненный цикл процессов проектирования и разработки систем – вверх по ступенькам зрелости для процессов управления, разработки и технологической подготовки;
- практики систематически пересматриваются и изменяются с целью их улучшения.

Для того чтобы следовать стандартам системной инженерии, мало их просто прочитать. Осмысленное применение этих стандартов требует предварительной работы по их внедрению, т. е. по переосмыслению существующего

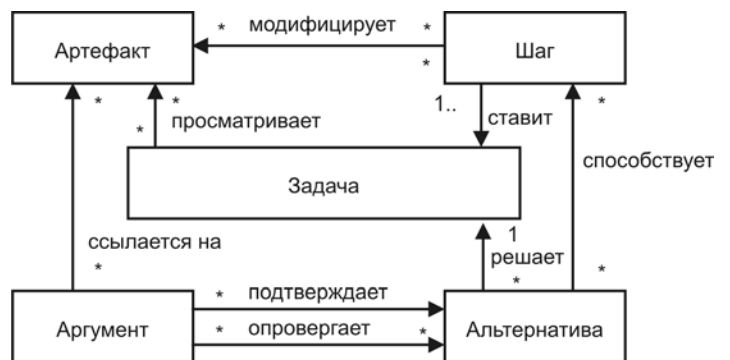


Рис. 1. Метамодель на основе контекста (context-oriented process meta-model)



положения дел в предлагаемых ими терминах, по реорганизации работы персонала и его обучению. В конечном счете, на базе стандартов системной инженерии каждая организация разрабатывает свои внутренние стандарты и другие нормативные документы (стандарты предприятия, отраслевые стандарты, руководящие указания, технологические инструкции).

Системная инженерия – это способ уменьшения затрат за счет исключения переделок (исправлений ошибок на ранних этапах разработки систем). При этом прогнозируемое уменьшение стоимости будет для малых проектов – на 18% (при доле работ системной инженерии 5%), средних проектов – на 38% (20%), крупных проектов – на 63% (33%), очень крупных проектов – на 92% (37%) [1, 2].

К числу существующих недостатков системной инженерии можно отнести следующее:

- недостаточное внимание обеспечивающей (поддерживающей) составляющей<sup>9</sup> в практиках (процессах) системной инженерии;
- в стандартах не содержатся положения по оценке и разрешению противоречий, вытекающих из комплексного характера качества систем;
- стандарты системной инженерии в основном отвечают на вопрос о том, что нужно делать в процессах проектирования и разработки систем. Вопрос же о том, как это нужно делать в процессах проектирования и разработки, остается открытым;

<sup>9</sup> Обеспечивающая составляющая системной инженерии – практики (процессы) создания и использования деловой среды.

- в стандартах системной инженерии не определены пути формирования деловой среды;
- в стандартах системной инженерии не определены пути и методы накопления и использования интеллектуального потенциала (ресурса)<sup>10</sup> организаций;
- в стандартах системной инженерии не содержатся положения по оценке и разрешению компромиссов<sup>11</sup> и противоречий, вытекающих из комплексного характера качества систем.

Нейтрализация отмеченных недостатков обеспечивается путем интеллектуализации деловой среды применительно к процессам системной инженерии АС.

**ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ АС**

Необходимость накопления интеллектуального потенциала (знаний и опыта разработчиков АС) отмечена в [10].

Основные проблемы, решения и планируемые результаты интеллектуализации процессов системной инженерии АС представлены в таблице 1.

Использование интеллектуального ресурса на этапах жизненного цикла АС способствует повышению качества выполнения работ и их результатов.

<sup>10</sup> Интеллектуальный потенциал (ресурс) – это интегрированная совокупность знаний, умений и навыков, обеспечивающих решение конкретных задач в различных областях деятельности, в том числе в области совершенствования процессов управления [8].

<sup>11</sup> Компромисс (trade-off) – действия по принятию решений, в ходе которых производится выбор из различных требований и альтернативных решений на основе конечной выгоды заинтересованных лиц.

Таблица 1  
Основные проблемы, решения и результаты интеллектуализации процессов системной инженерии АС

Проблемы	Решения	Планируемые результаты
1. Выявление и расширение практик (процессов) системной инженерии	Выявление практик для процессов обеспечивающей составляющей системной инженерии	Перечень и описания процессов обеспечивающей составляющей системной инженерии
2. Включение многомерной модели системной инженерии для оценки качества проектных решений и технологической зрелости процессов разработки АС	Разработка методов и инструментальных средств для оценки качества проектных решений и технологической зрелости процессов разработки АС на основе многомерной модели системной инженерии	Методы и инструментальные средства поддержки многомерной модели системной инженерии для оценки качества проектных решений и технологической зрелости процессов разработки АС
3. Создание системы извлечения знаний	Извлечение знаний от совладельцев по жизненному циклу АС для разработки и выбора рациональных проектных решений	Комплекс средств извлечения знаний от совладельцев
4. Формирование базы знаний	Разработка базы знаний для обеспечения решения задач выбора рациональных проектных решений	База знаний для обеспечения решения задач выбора рациональных проектных решений
5. Создание системы принятия решений	Разработка системы поддержки принятия решений на основе базы знаний, аккумулирующей опыт совладельцев	Интеллектуальная система поддержки принятия решений
6. Создание хранилища шаблонов	Разработка хранилища шаблонов по видам обеспечения АС	Хранилище шаблонов по видам обеспечения АС

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА И ФУНКЦИЙ ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ**

В состав обеспечивающей составляющей системной инженерии должны входить следующие компоненты: система принятия решений, база знаний, система извлечения знаний, хранилище шаблонов.

Состав и функции обеспечивающей составляющей системной инженерии представлены в таблице 2.

Функции обеспечивающей составляющей системной инженерии реализуются агентством технологической подготовки проектирования и разработки АС в составе виртуальной организации, как определено в [4].

совладельцев), а значит, в его знаниях могут быть неточности, пробелы, а иногда и грубые ошибки. Другая проблема состоит в том, что эксперт не всегда заинтересован в уточнении фактов (часто именно мелкие детали имеют значение). Еще одна проблема состоит в том, что эксперт, будучи специалистом в своей области, но не специалистом по инженерии знаний (когнитологом, аналитиком), в общем случае, самостоятельно не способен представить свой опыт так, чтобы в итоге получилась связанная совокупность знаний. К объективным причинам можно также отнести проблему представления нечетких и неточных знаний, которые встречаются в реальных задачах построения

Таблица 2

Состав и функции обеспечивающей составляющей системной инженерии

Компоненты обеспечивающей составляющей системной инженерии	Функции	Реализация
Система принятия решений	Поддержка процессов принятия решений совладельца-ми по жизненному циклу АС	Многоагентные, логически связанные системы для выполнения заданных функций принятия решений на основе CLIPS + сервисы приложений + инструментальные средства фирмы SUN Microsystems [5]
База знаний	Хранилище опыта и знаний совладельцев	CLIPS + КАНВА (система когнитивного моделирования) [11, 12]
Система извлечения знаний	Извлечение опыта и знаний совладельцев	Многоагентные, логически связанные системы для выполнения заданных функций по извлечению знаний от совладельцев
Хранилище шаблонов	Разработка, хранение, обращение, применение, сопровождение шаблонов [13]	Сервисы шаблонов на основе инструментальных средств фирмы SUN Microsystems

**ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОПЫТА И ЗНАНИЙ СОВЛАДЕЛЬЦЕВ**

До начала разработки АС именно специалисты «по требованиям» – аналитики перекидывают «мостик» между заказчиками и разработчиками [9], извлекая, «вытаскивая» знания, без которых невозможно переходить к дальнейшим проектным работам. Недопонимание между совладельцами (заказчиками и разработчиками), неоднозначность, некорректность интерпретации информации, полученной от пользователей – все это наиболее типичные причины «сверхзатрат» (труда, времени, денег и т. п.). Существует множество подходов, позволяющих добиться стройной системы извлекаемых знаний, отвечающих реальным потребностям заказчиков в процессе разработки требований. Среди них можно выделить следующие: интервьюирование, сценарии, прототипы, «разъясняющие встречи» (в оригинале звучит как «facilitated meetings»), наблюдение (подразумевает непосредственное присутствие разработчика рядом с пользователем в процессе выполнения работ). Таким образом, знания от совладельцев является «входом» в процессы сбора требований, а сами требования – «выходом» этих процессов.

Однако процесс извлечения знаний не прост. Первая проблема этого связана с субъективностью суждений эксперта (в роли экспертов выступают представители

баз знаний. Поэтому инженер по знаниям, как посредник между экспертной системой и экспертами-совладельцами, играет важную роль при создании базы знаний. С одной стороны, он знает процедуры выявления знаний эксперта, с другой стороны, его взаимодействие с экспертом происходит более естественно, поэтому психологически легче воспринимается последним [11, 12]. Извлечение знаний когнитологом – достаточно трудоемкая процедура, и ее успех зависит от применяемых инструментов, именуемых как системы извлечения знаний. Если экспертная система не поддерживает работу по извлечению знаний, то эффективность применения знаний для разработки требований значительно уменьшается, а качество базы знаний в первую очередь и самой экспертной системы снижается.

Таким образом, при разработке требований:

- процессы извлечения знаний (одного из основных ресурсов организации) являются наиболее приоритетными в перечне выполняемых работ в процессах проектирования и разработки АС;
- для обеспечения процессов извлечения знаний должна быть разработана система извлечения знаний, что, собственно, и определяет основу интеллектуализации процессов системной инженерии автоматизированных систем.

## РАСШИРЕНИЕ ПРАКТИК (ПРОЦЕССОВ) СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Для анализа и решения проблемы компромисса между стандартом ISO/IEC 15288 и стандартом ISO/IEC 12207 при выявлении и расширении практик (процессов) системной инженерии воспользуемся результатами работы [14] по управлению программными проектами в части, названной областью знаний «Процесс программной инженерии» (Software Engineering Process).

Наглядное представление понятийного аппарата области знаний приведено в стандарте SWEBOK (IEEE Guide to the Software Engineering Body of Knowledge).

В SWEBOK приведены понятия, подходы и методы проектирования ПС. Там же осуществлено разбиение практик (процессов) на основные и вспомогательные, соответствующие стандарту ISO/IEC 12207. При этом первый уровень (основные процессы) рассматривает основную деятельность на протяжении жизненного цикла ПС. Второй уровень, или «метауровень», связан с определением, реализацией, оценкой, измерением, управлением, изменением и совершенствованием процессов жизненного цикла ПС.

Метапроцесс в программной инженерии – это:

- способ идентификации процессов, логика и технология их разработки;
- составление инструкций, требований, рекомендаций, алгоритмов работы для сотрудников;
- контроль исполнения, анализ, планирование с целью повышения эффективности процессов;
- совершенствование процессов.

Таким образом, в любой организации, разрабатывающей АС, по аналогии со SWEBOK, должны быть выделены основной и два взаимосвязанных друг с другом метапроцесса:

1. Основной – это собственно процессы проектирования и разработки АС.
2. Метапроцесс управления процессами проектирования и разработки АС.
3. Метапроцесс технологической подготовки процессов проектирования и разработки АС [15].

Для комплексной оценки качества перечисленных процессов целесообразно применение многомерных моделей.

### МНОГОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ АС

Предлагается единый комплексный подход к оценке качества проектных решений и процессов ЖЦ АС на основе так называемого «куба качества». В соответствии с работой [16] эталонная модель «куба качества» характеризует различные аспекты в области качества АС: сущность качества (ось X: с точки зрения заказчика, разработчика, пользователя), уровень детализации (ось Y: метрики, характеристики, определения), точку зрения на качество (ось Z: управление процессом, технический процесс, продукт).

На основе эталонной многомерной модели «куба качества» на рисунке 2 представлена многомерная модель для

комплексной оценки качества проектных решений АС и технологической зрелости процессов [15] на этапах проектирования и разработки АС.

1. Для комплексной оценки качества проектных решений АС по осям:

- ось X – оценки качества проектных решений системы заказчика, разработчика и пользователя;
- ось Y – метрики, характеристики и определения качества артефактов (проектных решений);
- ось Z – процессы управления, технологической подготовки проектирования и разработки АС, артефакты.

2. Для комплексной оценки уровней технологической зрелости процессов проектирования и разработки АС по осям:

- ось X – уровни зрелости собственно процессов проектирования и разработки АС;
- ось Y – уровни зрелости процессов управления проектированием и разработкой АС;
- ось Z – уровни зрелости процессов технологической подготовки проектирования и разработки АС.

Рассмотренные подходы определяют пути реализации интеллектуализации процессов системной инженерии АС в виде виртуальной деловой среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В реальных условиях разработки проектов АС специалисты (аналитики, системщики), выполняя деятельность, которую можно отнести к системной инженерии, опираются на нормативные документы, пытаются определить, что делать, но не отвечают, как это делать, т. е. составляющие деловой среды не систематизированы и не упорядочены. Указанные подходы формирования виртуальной деловой среды отвечают на вопрос, как это делать в процессах системной инженерии.

Виртуальная деловая среда имеет на входе онтологическую модель, на выходе формирует внедренческую модель. Онтологическая модель является одной из составных частей базы знаний виртуальной организации.

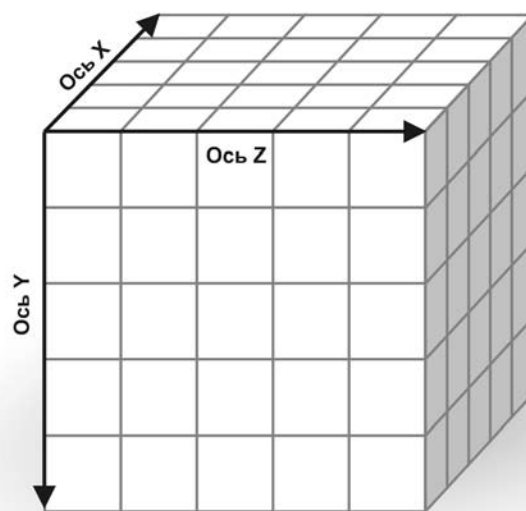


Рис. 2. Многомерная модель «куба качества» АС

Для обеспечения процессов накопления и использования знаний должна быть разработана поддерживающая составляющая системной инженерии, включающая систему принятия решений, базу знаний, систему извлечения знаний, хранилище шаблонов, что, собственно, и определяет интеллектуализацию процессов системной инженерии АС.

Оценка качества проектных решений АС и уровень технологической зрелости процессов ее проектирования и разработки должен определяться в соответствии с принципами «куба качества», т. е. комплексно.

Представленные подходы отвечают современным инновационным направлениям информатики (управление знаниями, виртуальные организации, сервис-ориентированные технологии, многоагентные системы, онтологический инжиниринг), влияющим на проектирование и разработку АС различных предметных областей. Реализация подходов обеспечит конкурентоспособность проектных организаций и заданное качество разрабатываемых систем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левенчук А.И., Агроскин В.А. Системная инженерия. – URL: <http://www.slideshare.net/ailev/ss-998595>.
2. Левенчук А.И., Агроскин В.А. Подход системной инженерии к управлению жизненным циклом. Понятийный минимум. PraxOS 1.0. – URL: [http://copy.yandex.net/?fmode=envelope&url=http%3A%2F%2Ftechinvestlab.ru%2Ffiles%2F495344%2Fse\\_lc\\_minimum\\_praxos\\_1.doc&lr=195](http://copy.yandex.net/?fmode=envelope&url=http%3A%2F%2Ftechinvestlab.ru%2Ffiles%2F495344%2Fse_lc_minimum_praxos_1.doc&lr=195).
3. Тэйер Р. Системная инженерия программного обеспечения. – URL: <http://www.osp.ru/os/2002/05/181460/#top#top>.
4. Куприянов А.А., Мельниченко А.С., Крайнов А.Ю. Подход к созданию виртуальной организации проектирования и изготовления программных изделий ИАСУ // Автоматизация процессов управления. – 2009. – № 3 (17). – С. 33–43.
5. Куприянов А.А., Мельниченко А.С. Интеллектуальный объектно-ориентированный анализ, проектирование и разработка автоматизированных систем // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 3 (21). – С. 40–48.
6. Позин Б. Стандарты и методологии в жизненном цикле программного обеспечения информационных систем // Директор ИС. – 2001. – № 10. – С. 22–29.
7. Батоврин В.К. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 «Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» – базовый стандарт в области проектирования систем / Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). – URL: <http://tm.ifmo.ru/tm2005/src/118b.pdf>.
8. TOGAF 9 (The Open Group Architecture Framework). – URL: <http://ea-banks.ucoz.ru/load/3-1-0-7>.
9. Куприянов А.А., Мельниченко А.С. Модели структуризации и формализации онтологий предметной области на стадиях проектирования автоматизированных систем // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 2 (20). – С. 70–75.
10. Васюков В.Л., Кондаков С.Ю. Основные направления совершенствования военно-научного сопровождения работ по созданию и развитию систем ИАСУ ВМФ // Автоматизация процессов управления. – 2008. – № 2 (12). – С. 5–7.
11. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
12. Кулинич А.А. Субъектно-ориентированная система концептуального моделирования «Канва» // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций. – Матер. 1-й Межд. конф. – М. : ИПУ РАН, 2001. – С. 180–186.
13. Куприянов А.А., Мельниченко А.С. Об одном подходе к накоплению и использованию шаблонов в проектировании и разработке автоматизированных систем // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 4 (22). – С. 40–48.
14. Орлик С., Булуй Ю. Введение в программную инженерию и управление жизненным циклом программного обеспечения. – URL: [http://www.sorlik.ru/swebok/3-10-software\\_engineering\\_quality.pdf](http://www.sorlik.ru/swebok/3-10-software_engineering_quality.pdf).
15. Смагин А.А., Куприянов А.А., Мельниченко А.С. Технологическая зрелость и технологическая готовность в программной инженерии // Автоматизация процессов управления. – 2008. – № 4 (14). – С. 62–70.
16. Посакалов К.Ф. Стандарты программной инженерии ПС и «куб качества» // Сб. науч. тр. НТЦ развития учебного процесса. – Вып. 3. – М. : МЭСИ, 2007.