

УДК 658.5
ББК 65.050

КОНСТРУКТОР PLM – СИСТЕМ

Белов М. В.¹, Савич А. В.²

(IBS, Москва)

Гаричев С. Н.³, Кондратьев В. В.⁴, Лытов Д. А.⁵

*(Московский физико-технический институт (ГУ),
Долгопрудный)*

Стандартные архитектуры предприятия, подкрепленные стандартными методологиями, обеспечивают опорные решения для организации и координации проектов инжиниринга предприятия в целом, а также инжиниринга частных сущностей и подсистем предприятия [11, 17]. В [7] инжиниринг предприятия предложено проводить на основе подхода «Конструктор систем деятельности». Этот подход задает компактное опорное инжиниринговое представление устройства деятельности предприятия, а также может применяться с необходимой локализацией к разным сущностям и подсистемам деятельности предприятия. Так, в [5] рассматриваются инжиниринг «системы менеджмента предприятия» и, соответственно, «Конструктор систем менеджмента». В данной работе рассматривается инжиниринг «системы управления жизненным циклом продукта» и, соответственно, «Конструктор PLM-систем».

¹ Михаил Валентинович Белов, зам. директора IBS, кандидат технических наук (MBelov@IBS.ru).

² Александр Валентинович Савич, директор по консалтингу IBS, кандидат технических наук (asavich@ibs.ru).

³ Сергей Николаевич Гаричев, декан ФРКТ МФТИ, доктор технических наук (sng355@gmail.com).

⁴ Вячеслав Владимирович Кондратьев, доктор технических наук, профессор МФТИ (biggroup1@gmail.com, +79099935660).

⁵ Денис Александрович Лытов, магистр ФРКТ МФТИ (derfrei@frtk.ru, +79654343116).

Ключевые слова: PLM-система, конструктор PLM-систем, онтологические и архитектурные модели, количественные модели, большие гибридные модели, центр PLM-превосходства.

1. Предпосылки проведения работ

Системы Product Lifecycle Management, или PLM-системы деятельности [1], реализуют жизненный цикл продуктов. Согласно [23], PLM –системы:

- охватывают полный жизненный цикл продукта – от концепции до утилизации или реконструкции;
- поддерживают совместное создание информации о продукте, а также ее управление, распространение и использование;
- поддерживают деятельность «расширенного предприятия полного цикла продукта» (клиенты, разработка и производство, партнеры-поставщики и т.д.);
- интегрируют людей, процессы, бизнес-системы и информацию по жизненному циклу продукта.

На российском рынке представлен ряд информационных продуктов, позиционируемых их производителями в качестве PLM-систем. Анализ продуктовых линеек производителей PLM-систем (Dassault Systems, Siemens, АСКОНА и др.) показывает, что они предлагают набор решений (системы CAD/CAE/CAM, ...), предназначенных для автоматизации отдельных стадий жизненного цикла продукта, в первую очередь таких как проектирование, технологическая подготовка производства, производство, техническое обслуживание и ремонты.

Наблюдаемое в российской практике расширение масштабов внедрения программного обеспечения для локальной автоматизации процессов жизненного цикла, безусловно, способствует повышению эффективности их реализации на конкретных предприятиях. Однако сегодня локальная автоматизация не в полной мере соответствует мировым тенденциям создания интегрированных решений, осложняет реализацию концепции «расширенного предприятия полного жизненного цикла» [12], порождает значительные дополнительные затраты на интегра-

цию разрозненных информационных систем для комплексной автоматизации процессов всех стадий жизненного цикла.

Необходима разработка методологических вопросов построения PLM-систем и её компонент:

- комплексные модели устройства деятельности (требования, процессы, организация, управление, подсистемы);
- ролевые модели участников, дорожные карты;
- модель данных, формирующих полное информационное пространство, необходимое и достаточное для реализации всех процессов жизненного цикла продукта в заданные сроки с минимальными затратами ресурсов;
- компонентная модель интегрированной информационной системы (ИС), обеспечивающей автоматизацию процессов всех стадий жизненного цикла продукта;
- интеграция моделей;
- разработка рабочей документации и применение.

В зарубежной литературе присутствуют работы, достаточно полно описывающие создание PLM-системы для выбранного продукта [22, 24]. Но продукты могут меняться с каждой итерацией жизненного цикла, и со временем однажды разработанная PLM-система станет неактуальной. Поэтому важно также учитывать, что вновь созданная PLM-система сама по себе является продуктом, чьим жизненным циклом необходимо управлять в том числе.

Таким образом, задачи развития методологии, разработки, эффективного внедрения и применения PLM-систем остаются актуальными. Согласно открытому докладу «Сколтех» в рамках подготовки проекта национальной технологической инициативы, внедрение перспективной системы управления жизненным циклом изделия даст повышение эффективности производства в целом не менее чем на 15–25% [12].

2. Системы для разработки PLM-систем

Объектом дальнейшего рассмотрения является система С, включающая (рис. 1):

- Систему 1 (C1) – разрабатываемый и применяемый экземпляр системы управления жизненным циклом продукта (экземпляр PLM-системы). C1 реализует управление этапами жизненного цикла продукта: разработка продукта, создание продукта, эксплуатация (в том числе техническое обслуживание и ремонты) продукта, модернизация продукта. Дальнейшее описание системы C1 базируется на работе [1], где были представлены все особенности рассматриваемой PLM-системы, и продолжает ее.

- Систему 2 (C2) – экземпляр системы управления жизненным циклом опорной системы C1. C2 реализует управление этапами жизненного цикла системы C1: разработка C1, применение C1 в ходе исполнения жизненного цикла продукта, мониторинг и аудит применения C1, улучшение C1. Само представление C относится к типу «система систем» $C = C1 \cup C2$ и через системы C1 и C2 реализует указанные выше этапы деятельности (рис. 1).

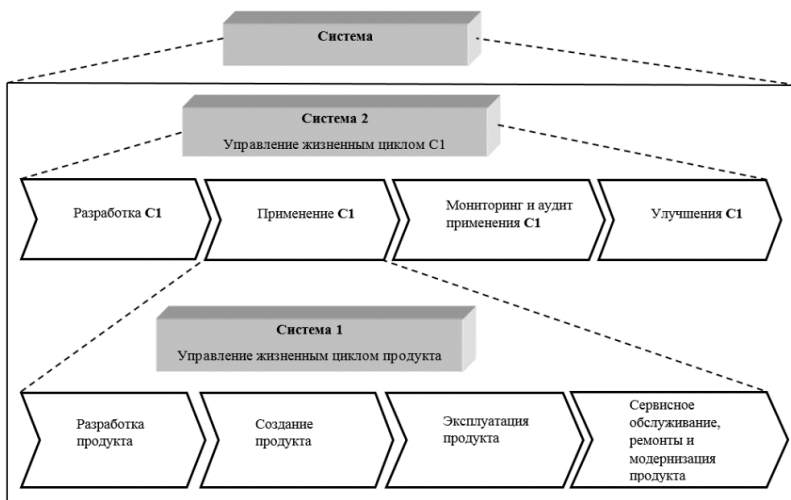


Рис 1. Этапы деятельности системы систем $C = C1 \cup C2$

3. Особенности Конструктора систем деятельности

Инжиниринг системы деятельности (предприятия, расширенного предприятия) – это деятельность по созданию, описанию, изменению или улучшению предприятия, основанная на использовании инженерного подхода, обеспечивающая согласованность различных компонентов предприятия (стратегий, требований, организации деятельности, процессов, механизмов управления, информационных систем) [8].

Конструктор является опорным решением для реализации инжиниринга систем деятельности, которое [7] (рис. 2):

- задаёт увязанную с международными практиками и стандартами типологию элементов и связей в представлениях систем деятельности;
- обеспечивает интеграцию и совместное применение методологий системного инжиниринга, менеджмента и кибернетики, управления активными мультиагентными системами;
- формирует и применяет большие гибридные модели представления функционирования и развития систем деятельности, последовательно объединяющие и гармонизирующие такие современные системные форматы моделирования как онтологические, архитектурные, количественные, оптимизационные, управленческие (кибернетические) и др.;
- представляет архитектуру интеграции системы деятельности и применяемых ИТ-сервисов;
- задает, на основе применения больших гибридных моделей и интеграции с ИТ-сервисами, способ разработки и документирования системы деятельности и системы управления её жизненным циклом;
- поддерживает реализацию всех стадий жизненного цикла системы деятельности: разработка – применение – мониторинг – улучшение и развитие;
- обеспечивает создание и применение сервисной модели обеспечения применения Конструктора с дистанционными учебными и консалтинговыми сервисами;

- обеспечивает возможность создания и применения специализированной инфраструктуры для разработки и сопровождения систем деятельности в формате Mission Control Room (MCR);
- обеспечивает возможность реализации сервисной модели в форме Центра превосходства (другие варианты названия, применяемые в международной практике – руководящей группе проекта, центр разработки и распространения передовых методов [13–15] и др.).

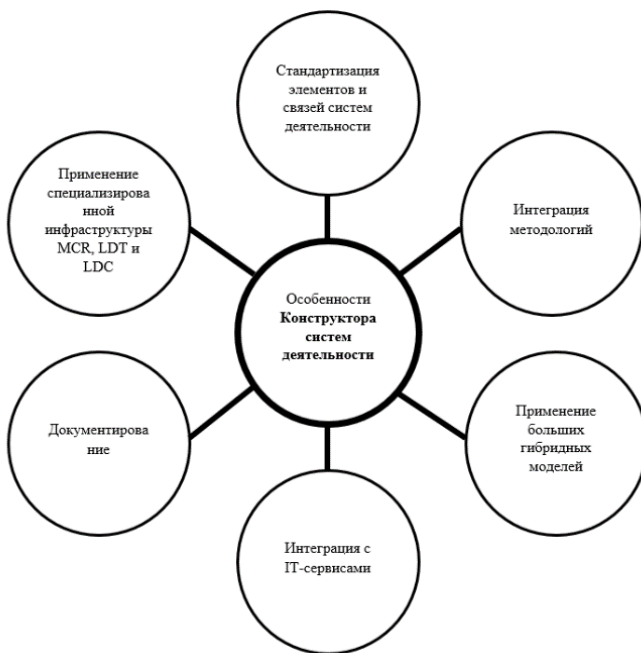


Рис 2. Особенности Конструктора систем деятельности

4. Конструктор PLM-систем

Вообще говоря, для каждого продукта i требуется свой экземпляр системы $C1_i$, а для разработки $C1_i$ требуется своя система $C2_i$. Разнообразие продуктов порождает разнообразие си-

стем управления жизненным циклом продуктов, что, в свою очередь, порождает разнообразие систем управления их созданием и применением. Во многом эти системы подобны, но, конечно, есть и отличия в локализациях решений под разные продукты.

Значит, $C1_i$ и $C2_i$ взаимно гармонизируются и их надо рассматривать в контексте системы систем $C_i = C1_i \cup C2_i$. Решение задачи гармонизированного построения $C_i = C1_i \cup C2_i$ может быть получено применением и локализацией в рамках следующего подхода:

- представления опорных систем (фреймворков) пары $C1$ и $C2$ как гармонизированного объединения $C = C1 \cup C2$;
- действий по локализации опорной системы C для каждого продукта i и разработке, в конечном итоге, системы $C1_i$;
- обеспечения возможности параллельной реализации жизненных циклов систем $C1_i$ и $C2_i$ для разных продуктов i заданного типа.

Соответственно, схема системы C становится несколько сложнее, чем представлено на рис. 1, – нужно учесть, что система C состоит из множества систем C_i (рис. 3).

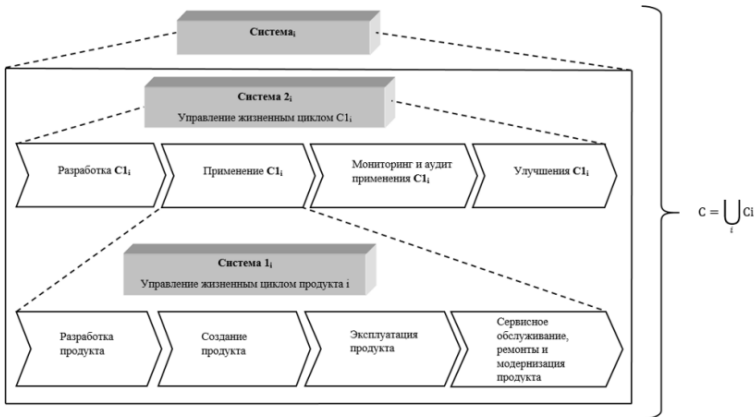


Рис 3. Расширенная схема этапов деятельности системы $C = C1 \cup C2$

Опорные представления (фреймворки) системы С1 управления жизненным циклом продукта и системы деятельности С2 по локализации опорной системы С1 к продукту i и разработке $C1_i$ понимаются как **Конструктор PLM-систем** для i множества продуктов заданного типа.

Устройство и представление опорной системы С обобщает имеющийся опыт и методологии, т.е. феноменологию построения подобных систем.

В данной работе в качестве основы построения опорного решения С1 взята феноменология PLM-систем, представленная в [1], а в качестве основы построения опорного решения С2 взята феноменология инжиниринга систем деятельности, представленная в [5, 7].

5. Инициация разработки системы управления жизненным циклом продукта

В дальнейшем для упрощения обозначений значком «*» будем помечать локализацию понятий для заданного продукта i (экземпляры понятий). Например, $C_i = C^*$, $C1_i = C1^*$ и т.д.

Деятельность $C2^*$ по созданию $C1^*$ иницируется постановкой задачи разработки и применения конкретной системы $C1^*$ для продукта «*». В рамках задачи выполняются действия по идентификации и принятию требований (общих и частных) к системе $C1^*$, мобилизации ресурсов и подготовке дорожной карты работ. Результат – готовность к началу проведения работ по разработке и применению $C1^*$.

5.1. Задание требований, границ и предназначения системы С1 для продуктов i заданного типа, знакомство с исходной информацией и постановкой задачи. Результат – определение объекта проектирования и применения, подготовка стартовой проектной декларации.

5.2. Определение участников разработки и применения $C1_i$. Результат – команда участников в составе трех групп: группа 1 – разработчики $C1^*$, группа 2 – участники (пользователи) $C1^*$, группа 3 – специалисты $C2^*$.

5.3. Изучение группой 1 методологий Конструктора систем деятельности и PLM -систем в целях локализации при разработ-

ке С1*. Результат – обученная к применению С группа 1, готовая к началу работ группа 3.

Дальнейшие действия (п.6–п.8) групп 1 и 3 направлены на локализацию и, при необходимости, дополнению методологии С (Конструктора PLM-систем) применительно к системе С1*. Для этого:

5.4. Исходя из конкретной ситуации в задаче построения системы управления жизненным циклом продукта i формируется и поддерживается в актуальном состоянии распределение ответственности сначала в разработке С1*, а потом в реализации всего жизненного цикла системы С1* (таблица 1). Результат – таблица распределения ответственности (ролей) участников.

5.5. Проводится доработка и локализация (при необходимости) Конструктора С в Конструктор С_{*i*}. Результат – локализованный Конструктор PLM-системы С2*.

5.6. Формируется состав ожидаемых результатов, действий, итерационная схема и дорожная карта первого этапа жизненного цикла системы С1* (см. раздел 5). Результат – дорожная карта.

Таблица 1. Распределение ответственности / ролей участников

Участники	Инициация	Изучение С и анализ условий её применения. Локализация С в С*	Разработка С1*	Применение С1*	Мониторинг и аудит применения С1*	Улучшения С1*
Инициаторы						
Группа 1						
Группа 2						
Группа 3						
Другие участники						

6. Разработка системы управления жизненным циклом продукта

Построение системы С1* предполагает разворачивание и разработку, с наследованием состава и характеристик используемых сущностей, следующей итерационной схемы действий [7]:

- задание (на основе проведения онтологического инжиниринга) терминов и понятий рассматриваемой системы, её среды, элементов, подсистем, связей, **словаря системы С1***;
- разработку архитектуры **системы С1*** – внешней среды, элементов, подсистем, связей – с применением выбранных (предпочтительно типовых) нотаций и идентифицированных данных;
- формирование прикладных количественных моделей и банка знаний*;
- задание ИТ-сервисов, используемых в системе С1*;
- задание состава и порядка подготовки документов и регламентов, представляющих порядок функционирования системы С1*;
- подготовка документов и регламентов, представляющих порядок функционирования системы С1*.

Наследование состава и характеристик используемых сущностей обеспечивает связанность применяемых типов моделей и позволяет говорить об их совокупности как о **большой гибридной модели**. Изменения в какой-либо части этой модели приводят к изменениям в других её частях.

Порядок разработки является итерационным, рекурсивным, компоненты системы С1*_{*j*} нарабатываются по шагам, где *j* – номер шага.

Входом на каждом шаге *j* процедуры являются:

- требования;
- наработанная к этому шагу версия системы;
- опорная версия системы, представляющая накопленный опыт.

Выходом является наработанная версия системы.

Так как модель рекурсивная, то необходимо задать начальные условия. В качестве первой версии системы и опорной си-

стемы берем PLM-систему, построенную в соответствии с описанием из [1].

Возвраты осуществляются при получении в новой версии решений, требующих изменений в текущей (входной для данного шага) версии. Изменения могут вноситься как в текущую версию, так и в опорную версию. Деятельность останавливается при достижении удовлетворительного решения.

Сама деятельность по разработке новой версии системы осуществляется человеко-машинной интеллектуальной системой. Группы 1 и 3 представляют первую часть, инфраструктура MCR – вторую.

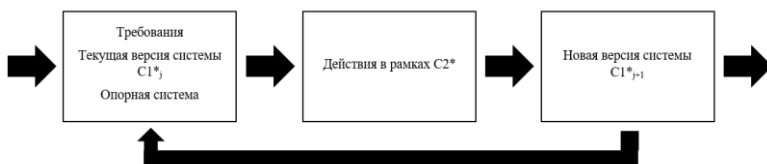


Рис 4. Порядок разработки C1* в рамках C2*

Подробнее описанная схема представлена ниже в разделах 6.1–6.9.

6.1. Проведение онтологического инжиниринга C*. Результат – словарь терминов.

Для смыслового описания системы и задания существенных понятий и терминов C1* проводится (с применением опорного словаря) онтологический инжиниринг C1*. Результат – учитываемые при инжиниринге объектные и атрибутивные элементы C1*, их взаимосвязи, словарь терминов.

Справочно. Онтология – это структурная спецификация некоторой предметной области, ее формализованное представление, которое включает словарь (или имена) указателей на термины предметной области и логические выражения, которые описывают, как они соотносятся друг с другом [2].

Онтологический инжиниринг – это процесс разработки онтологий [3].

Пример 1. Термины опорного словаря C1. Продукт, жизненный цикл продукта, целеполагание в C1, требования к C1, ин-

формационная модель продукта, процессы жизненного цикла продукта, участники деятельности С1, расширенное предприятие полного жизненного цикла продукта и образующие его предприятия – управляющие, исполнительные, организация участников деятельности С1, ролевые модели участников деятельности С1, управление процессами и производственным поведением участников деятельности С1, модель управления проектами и программами С1, модели данных, ИТ-инфраструктура и ИТ-сервисы С1, информационные системы С1.

В состав понятийной базы С1 также включаются термины, определяющие наиболее значимые соответствия между понятиями. Например, приводится определение термина ответственности участников деятельности С1 за бизнес-процессы или функции С1.

Пример 2. Термины опорного словаря С2. Формируются путем локализации и дополнений (применительно к PLM-системам) приведенных в [5, 7] опорных сущностей и терминов Конструктора систем менеджмента. Как вариант, может быть построен следующий опорный список. Целеполагание в С2, требования к С2, информационная модель С1, процессы жизненного цикла С1, участники деятельности С2, Центр PLM-превосходства (центр обеспечивающий применение С2), организация участников деятельности С2, ролевые модели участников деятельности С2, управление процессами и производственным поведением участников деятельности С2, модель управления проектами и программами С2, модели данных, ИТ-инфраструктура и ИТ-сервисы С2, информационные системы С2.

В состав понятийной базы также включаются термины, определяющие наиболее значимые соответствия между понятиями. Например, ответственность участников деятельности С2 за бизнес-процессы, функции, программы и проекты С2.

6.2. **Проведение системной декомпозиции** системы $C1^* = C1^* \cup C2^*$ на подсистемы [7]. Результат: справочник подсистем, образующих $C^* = C1^* \cup C2^*$.

Пример 3. Опорные подсистемы С.

С1 включает подсистемы ведения операционной деятельности по жизненному циклу продукта (рис. 5):

- Управление требованиями и соответствием требованиям.

- Управление взаимодействием участников деятельности.
- Управление расписанием.
- Управление рисками.
- Управление информационной моделью.
- Управление финансами и экономикой.
- Управление проектной программой.
- Управление конфигурацией и изменениями.

C2 включает системы:

- Управление жизненным циклом системы C1 (в том числе управление разработкой C1).
- Сервисные подсистемы специалистов группы 1 и 2 в части применения C1, такие как:
 - Информационная поддержка.
 - Поддержка развития компетенций.
 - Шеф-инжиниринг (сопровождение) деятельности C1.

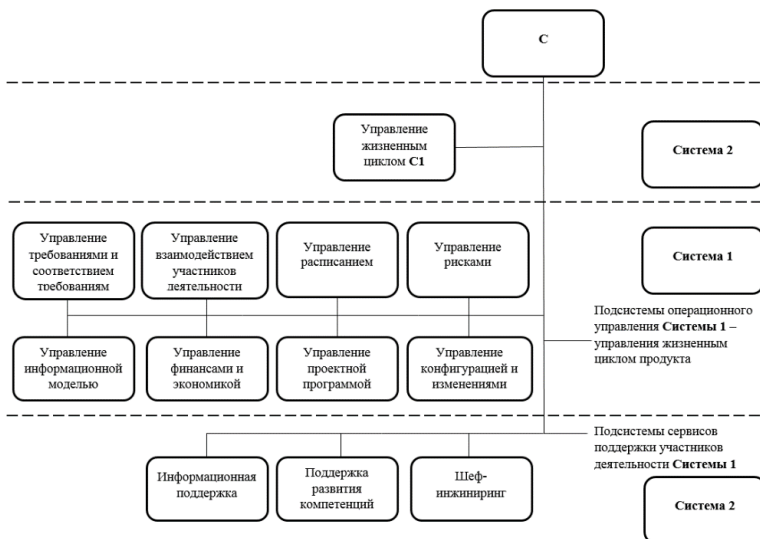


Рис 5. Пример состава подсистем $C = C1 \cup C2$

6.3. **Разработка** (гармонизированной с требованиями) архитектуры C1*. Результат – задание, с применением и

наследованием результатов п.б.1–п.б.2, состава, форматов представления (архитектурных нотаций) и самих данных об образующих $C1^*$ элементах, подсистемах, и их связях (рис. 5).

Пример 4. Фреймворк опорной архитектуры $C1$.

- Требования к устройству деятельности.
- Процессы (корневая модель, функциональная и потоковая модели декомпозиции процессов, процедуры).
- Проекты.
- Организация участников деятельности (организационная структура, финансовая структура, модели ответственности, модель прав и ролей).
- Система управления операционной деятельностью (стандартная модель цикла управления; декомпозиция системы операционного управления по иерархическим уровням и стандартным горизонтам управления, а также типам управляемых ресурсов; документограмма системы операционного управления).
- ИТ-сервисы.
- Связи компонент системы: «требования – процессы – организация участников деятельности – системы управления – ИТ сервисы».

Справочно. Фреймворк – в простейшем случае табличное представление опорных элементов системы и их связей. Понятие «опорная архитектура» является синоним понятия «референсная (референтная) архитектура».

Элементы архитектурного фреймворка $C = C1 \cup C2$ «сущности – подсистемы – связи (акцептированно выделены)» представлены в таблице 2.

Таблица 2. Фреймворк опорной архитектуры $C = C1 \cup C2$.

Учитываемые при архитектурном моделировании сущности C1 и способы их представления.	Учитываемые при архитектурном моделировании подсистемы
<ul style="list-style-type: none"> • Продукт (паспорт продукта). • Жизненный цикл продукта (справочник). • Требования к C1 (справочник). • Целеполагание в C1 продукта (справочник). • Информационная модель продукта. • Процессы жизненного цикла продукта (справочник). • Участники деятельности (справочник). • Расширенное предприятие полного жизненного цикла продукта и образующие его предприятия – управляющие, исполнительные (справочник). 	<p>Подсистемы C1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Управление требованиями и соответствием требованиям. • Управление взаимодействием участников деятельности. • Управление расписанием. • Управление рисками (C1.4). • Управление информационной моделью. • Управление финансами и экономикой. • Управление проектной программой. • Управление конфигурацией и изменениями.
<ul style="list-style-type: none"> • Организация участников деятельности (справочники и модели). • Рольевые модели участников деятельности. • Архитектуры систем и модели механизмов управления [20]: <ul style="list-style-type: none"> ○ Субъект-объектные схемы управления ○ Прямые и обратные 	<p>Подсистемы C2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Управление жизненным циклом системы C1. • Управление сервисами поддержки участников деятельности C1: <ul style="list-style-type: none"> • Информационная поддержка. • Поддержка развития компетенций. • Шеф-инжиниринг.

Учитываемые при архитектурном моделировании сущности С1 и способы их представления.	Учитываемые при архитектурном моделировании подсистемы
<p>связи</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Механизмы управления ● Модели данных. ● ИТ-инфраструктура и ИТ-сервисы С1 (справочник). ● Информационные системы С1 (справочник). 	<ul style="list-style-type: none"> ● Другие подсистемы (внешние для С1 и учитываемые при архитектурном моделировании в силу существенности для С1 связей с ними). ● ...
<p>Связи сущностей С1 (учитываемые при инжиниринге соответствия).</p> <p>...</p>	<p>Связи подсистем С1 (учитываемые при инжиниринге соответствия).</p> <p>...</p>
<p>Учитываемые при инжиниринге связи сущностей и подсистем С1.</p> <p>...</p>	
<p>Учитываемые при инжиниринге уровни представления и моделирования систем деятельности.</p> <p>...</p>	

6.4. **Разработка количественных моделей С1*** и методик их применения в целях реализации требований. Результат – nasledующие результаты п.6.1–п.6.3, гармонизированные с требованиями к С1*, метрики и используемые количественные модели, обеспечивающие достижение поставленных требований.

6.5. **Задание моделей управленческого учета** (метрики, показатели, политика управленческого учета и другие обязательные атрибуты количественной модели деятельности); на этом этапе обеспечиваются количественные представления системы деятельности С1*. Результат – методология управленческого учета С1*.

6.6. **Задание количественных моделей** (балансы, сетевые модели, задачи оптимизации, субъект-объектные модели систем и механизмов управления, применяемые при разработке и функционировании С1*. Результат – банк моделей и знаний о функционировании С1* [5, 20].

6.7. **Полезное дополняющее моделирование и методики его применения С1***. Результат – дополняющие модели и методики к применению в С1*.

6.8. **Системное моделирование, применение ИТ-сервисов и системная интеграция С1***. Результат – состав и профиль применяемых ИТ-сервисов С1*, интеграция С1* с применяемыми ИТ-сервисами, направленными на обеспечение достижения поставленных требований.

6.8.1. Представление используемых ИТ-сервисов С1*, проект развития ИТ-сервисов. Результат – гармонизированный с архитектурным фреймворком и акцептированный набор требований к ИТ-сервисам, справочники ИТ-сервисов, порядок и план внедрения ИТ-сервисов.

6.8.2. Разработка, внедрение и интеграция ИТ-сервисов С1*.

6.9. **Документационное описание С1***. Результат – состав документационного описания С1* и порядок его разработки.

6.9.1. Задание методики и порядка «сборки», «достройки и настройки», гармонизации элементов и подсистем системы С1* на основе компонент 4.1–4.8. Результат – способ построения, с учетом требований международных стандартов [17] и др., и применением результатов п.6.1–6.8, документационного описания С1*.

6.9.2. Задание порядка разработки документационного описаний С1*. Результат – задание, с применением п.3.1.4–п.3.1.8, состава и последовательности действий и способов наделения участников ответственностью за разработку и применение необходимых описаний и документов (дорожная карта разработки и применения документационного представления).

6.9.3. Разработка в соответствии с п.4.9.2 **нормативно-методической документации (НМД) и организационно-распорядительной документации (ОРД) С1***; результат – НМД и ОРД С1*.

В итоге исполнения п.6.1–п.6.9 формируются: последовательно раскрывающие и последовательно наследующие свойства ключевые представления системы деятельности С1 от состава используемых терминов и понятий С1* до принятых к применению ИТ-сервисов, НМД и ОРД. Тем самым разработана готовая к применению С1*.

7. Разработка сервисов поддержки участников

Построение системы С1* предполагает поддержку участников групп 1 и 3 на стадии разработки и группы 2 на стадии применения решений. Результатом является создание необходимых компетенций у участников деятельности. Эта деятельность, в частности, предусматривает:

7.1. Задание порядка идентификации компетенций участников, необходимых для разработки документационного описания и применения С1 и С2; результат – профиль необходимых компетенций участников С1 и С2.

7.2. Разработка, при необходимости, системы сервисов развития компетенций участников деятельности; результат – система сервисов развития компетенций участников С1 и С2.

7.2. Применение, при необходимости, сервисов развития компетенций участников С1 и С2; результат – наличие необходимых компетенций у участников С1 и С2.

7.3. Шеф-инжиниринг (сопровождение) С1 и С2.

8. Обеспечение исполнения всего жизненного цикла системы управления жизненным циклом продукта С1*

8.1. **Разработка С1***. Результат – разработанная и документированная С1*, готовая к применению (см. п.6).

8.2. **Применение НМД и ОРД, эксплуатация С1***. Результат – деятельность С1* по разработанным НМД и ОРД.

8.2.1. **Акцептация НМД и ОРД С1***. Результат – необходимые организационно-распорядительные решения.

8.2.2. Применение НМД и ОРД С1*. Результат – исполнение деятельности в соответствии с утвержденными ОРД и НМД, справочниками ИТ-сервисов С1.

8.3. Мониторинг деятельности в условиях применения С1.

8.3.1. Мониторинг, проверка соответствий порядков фактического исполнения деятельности С1* требованиям к С1*, выявление и по возможности оперативное устранение несоответствий; результат – записи о результатах мониторинга и устраненных несоответствиях.

8.3.2. Мониторинг, выявление и фиксации системных несоответствий в С1*; результат – записи о результатах мониторинга.

8.4. **Аудит и улучшения С1***. Результат – список идей улучшения и инициация нового жизненного цикла С1*.

8.4.1. Аудит результатов применения С1*; результат – отчет об аудите.

8.4.2. Формирование банка идей улучшений; результат – банк идей улучшений С1*.

8.4.3. Приоритезация идей улучшений С1*; результат – упорядоченный по приоритетам список идей улучшений С1*.

8.4.4. Переход на начало жизненного цикла С1*; результат – инициация нового жизненного цикла С1*.

Иллюстрация участников деятельности С1 и С2 с детализацией представления их действий в рамках С2 приведена на рис. 6.

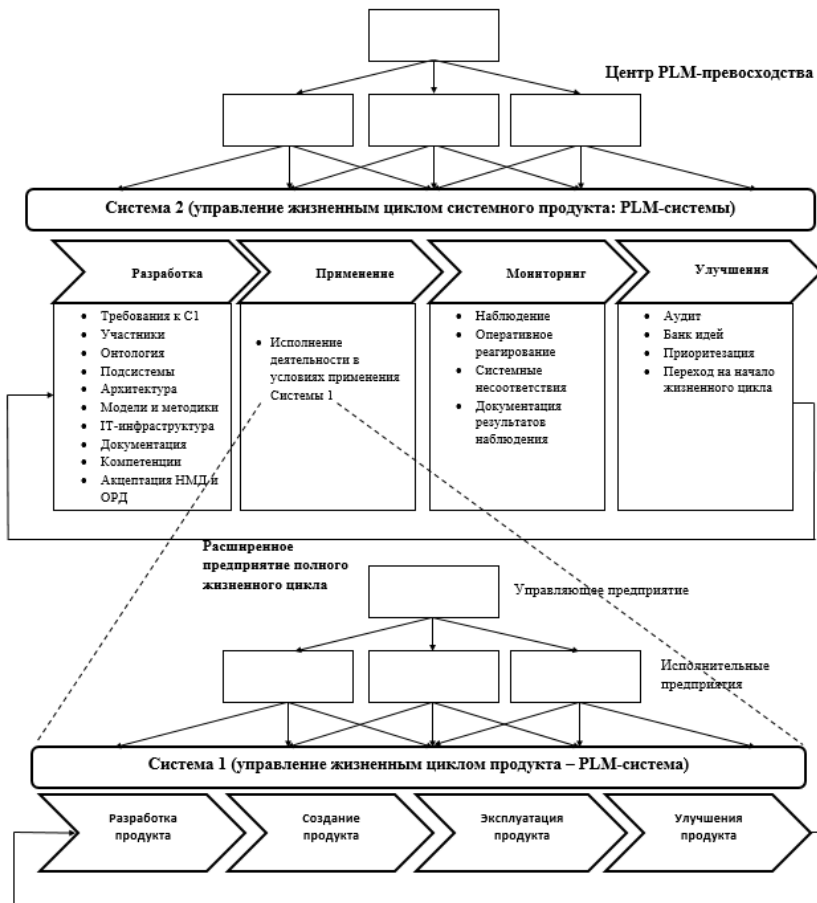


Рис. 6. Участники и процессы системы $C = C1 \cup C2$

9. Выводы

9.1. Общие результаты.

- Методология «Конструктор систем деятельности» в соединении с применением современных международных архитектурных стандартов, системных и инжиниринговых методологий [4, 16, 19, 21] и др. позволила сформировать гармонизированный между собой состав моделей для разработки и примене-

ния PLM-систем. Модели последовательно разворачивают ключевые перспективы представления PLM-систем: сущностное (онтологическое), содержательное (архитектурное), количественное (управленческий учет и экономика), кибернетическое (системы и механизмы управления), информационное (данные и информационные модели), социально-экономическое (сервисы и инфраструктура поддержки, развитие компетенций, мотивация участников). В своей совокупности модели объединяются в большие гибридные модели, создают методическую основу для регулярного проектирования и применения PLM-систем (таблица 3).

- Большие гибридные модели, результаты их исследований обеспечивают формирование состава и систем документационного описания и регламентации PLM-систем.

- Предложенная итерационная рекурсивная схема (раздел б) разработки PLM-систем позволяет структурировать и типизировать систему деятельности по созданию PLM-систем, обеспечивать возможность её последовательного «саморазвития» в формате человеко-машинных интеллектуальных комплексов, представлять в качестве Конструктора с описанными элементами и правилами применения.

9.2. Mission Control Room.

Удобной и результативной формой человеко-машинного комплекса Конструктора PLM-систем является формат Mission Control Room (MCR), рис. 7. Это модульная инфраструктура для поддержки работ по созданию PLM-систем 5. В зависимости от решаемой задачи, условий и возможностей состав модулей MCR может меняться. Исходя из накопленной практики, в качестве составных инфраструктурных модулей MCR можно указать следующие инфраструктурные компоненты:

- Учебная доска для быстрых записей.
- Пробковая доска и простые инструменты для размещения и быстрого редактирования записей и представлений на бумажном носителе.
- Интерактивная цифровая доска для размещения и быстрого редактирования цифровых представлений.

- Видеокубы для параллельного размещения многих цифровых представлений.
- Специализированный софт для моделирования систем деятельности.
- Дизайн-студия для быстрого производства необходимого цифрового контента.
- Learn Management System (LMS) для обеспечения обучения и развития компетенций участников с дистанционной поддержкой;
- Инфокоммуникационные и интернет-сервисы.
- Дополняющие инфраструктурные компоненты ситуационных центров.

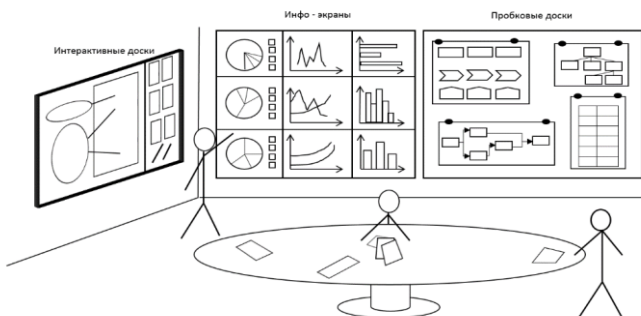


Рис. 7. Эскиз MCR Центра PLM-превосходства

9.3. Центр PLM-превосходства.

Для организации параллельного ведения работ со многими объектами/ PLM-системами предлагается применение технологии «Центр PLM-превосходства».

Наличие «Центра PLM-превосходства» позволяет рационально и гибко создавать системы регулярного проектирования PLM-систем и сопровождения их жизненного цикла. Как пример, распределение компетенций и ответственности за разработку и сопровождение PLM-систем в одном из прорабатываемых проектов осуществляется между:

- специализированным системным и методологическим оператором, скажем, МФТИ <http://mipt.ru/>;
- межотраслевым или отраслевым оператором, скажем, Межотраслевым инновационным центром государственной корпорации Ростехнологии <http://www.mic-rostec.ru/>;
- специализированным подразделением или группой, поддерживающей работу PLM-системы, скажем в МКБ «Компас» Объединенной приборостроительной корпорации Ростехнологии <http://mkb-kompas.ru>.

9.4. Применение и реализация.

Все элементы представленного подхода в настоящее время проходят разработку и апробацию. Реализуются проекты, проводятся эксперименты [1, 6], осуществляется объединение решений в интегрированные системы Конструктора PLM-систем [7]. Изучение предложенной в работе системы С для продуктов инвестиционно-строительной деятельности является частью курса «МВА в строительстве», преподаваемого в МГСУ [18]. Кроме того, описание указанного подхода присутствует в курсе «Кибернетика 2.0», читаемого в ЦДПО МФТИ, ФРТК МФТИ с сентября 2015 года [9]. Также разработка экземпляра представленной системы, предложенной в заявке открытого акционерного общества «Московское конструкторское бюро «Компас»», одобрена Министерством промышленности и торговли Российской Федерации (подтверждение актуальности проблематики в рамках реализации мероприятий 1.4 и 1.3 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» [10] получено от автономной некоммерческой организации содействия развитию индустрии программного обеспечения «Национальная программная платформа»).

Литература

1. БЕЛОВ М.В. *Системно-инженерные и экономические аспекты управления жизненным циклом*. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://ubs.mtas.ru/bitrix/components/bitrix/>

- forum.interface/show_file.php?fid=12292 (дата обращения: 08.01.2016).
2. ГАВРИЛОВА Т.А. *Онтологический инжиниринг* // Труды конференции «КИИ». – М.: Физматлит, 2002. – С. 845–853.
 3. ГАВРИЛОВА Т.А. *Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных систем автоматизации.* – [Электронный ресурс]. – URL: http://bigc.ru/theory/km/ontol_podhod_to_uz.php (дата обращения: 28.01.2016).
 4. *ГОСТ 34.003-90 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения*
 5. КОНДРАТЬЕВ В.В., ЛЮБИМЦЕВ И.В., МЕРКУЛОВ А.В. И ДР. *Инжиниринг и управление жизненным циклом объекта «Система менеджмента предприятия»* // Сборник научных трудов 18-й Российской научно-практической конференции «Инжиниринг предприятия и управление знаниями». Том 1. – М.: Московский государственный университет экономики, статистики информатики, 2015. – С. 333–338.
 6. КОНДРАТЬЕВ В.В. *Моделируем и анализируем бизнес-процессы. Учебное пособие.* – М.: ИНФРА-М, 2014. – 109 с.
 7. КОНДРАТЬЕВ В.В. *Управление архитектурой предприятия (Конструктор регулярного менеджмента): Учебное пособие.* 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Инфра-М, 2015. – С. 357
 8. КУДРЯВЦЕВ Д.В., АРЗУМАНЯН М.Ю., ГРИГОРЬЕВ Л.Ю. *Технологии бизнес-инжиниринга.* – С.-Пб.: Изд-во Политехнического университета, 2014 – 427 с.
 9. *Курс Кибернетика 2.0.* – [Электронный ресурс]. – URL: <https://mipt.ru/cdpo/courses/cybernetics.php> (дата обращения: 09.01.2016).
 10. *Постановление правительства России от 21 мая 2013 г. №426 «О федеральной целевой программе “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы”».* – [Электронный ресурс]. – URL:

<http://xn--80abucjiihbv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/3421> (дата обращения: 09.01.2016).

11. *Промышленные автоматизированные системы. Требования к стандартным архитектурам и методологиям предприятия. ГОСТ Р ИСО 15704-2008* // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – [Электронный ресурс] – URL: <http://labsm.ru/mod/resource/view.php?id=485> (дата обращения: 10.05.2015).
12. *Публичный аналитический доклад по развитию новых производственных технологий* // Skolkovo Institute Of Science and Technology, Октябрь 2014. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://isicad.ru/ru/pdf/ReportSkolkovo2014.pdf> (дата обращения: 09.01.2016).
13. *Сервис-ориентированная архитектура и архитектура предприятия: Часть 1. Взаимодействие SOA и EA.* – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-enterprise1> (дата обращения: 09.01.2016).
14. *Сервис-ориентированная архитектура и архитектура предприятия: Часть 2. Сходства и различия.* – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-enterprise2> (дата обращения: 09.01.2016).
15. *Сервис-ориентированная архитектура и архитектура предприятия: Часть 3. Как они работают вместе?* – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-enterprise3> (дата обращения: 09.01.2016).
16. *Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005* // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost2011.html> (дата обращения: 13.05.2015).
17. *Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. ГОСТ Р ИСО 9000-2008* // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&baseC=6&page>

- =0&month=1&year=2009&search=9000&id=174284 (дата обращения: 10.05.2015).
18. *МВА в строительстве*. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://dpo.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IDPO/mba/mba-v-stroitelstve/> (дата обращения: 09.01.2016).
 19. BELOV M. *How We Engineer Enterprise Systems* // INCOSE Italian Chapter Conference on Systems Engineering (CIISE2014) Rome, Italy, November 24–25, 2014. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1300/ID13.pdf>.
 20. GOUBKO M. *Mechanism design and management: mathematical methods for smart organizations* / Editors: M. Goubko, V. Burkov, V. Kondratyev, N. Korgin, D. Novikov. – New York: Nova Science Publishers, Inc., 2013. – P. 19 .
 21. *Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sebokwiki.org> (дата обращения: 13.05.2015).
 22. MARCHETTA M., MAYER F., FORRADELLAS R.Q. *A reference framework following a proactive approach for Product Lifecycle Management* // *Computers in Industry*. – 2011. – No. 62(7). – P. 672–683.
 23. *Product Lifecycle Management (PLM) Definition* // Интернет-ресурс. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cimdata.com/en/resources/about-plm> (дата обращения: 09.05.2015).
 24. SCHUH G. ROZENFELD H., ASSMUS D. ETC. *Process oriented framework to support PLM implementation* // *Computers in industry*. – 2008. – No. 59(2) – P. 210–218.

PLM-SYSTEMS FRAMEWORK

Mikhail Belov, IBS Deputy Director, Moscow, Candidate of Engineering Sciences (MBelov@IBS.ru).

Alexander Savich, IBS Consulting Director, Moscow, Candidate of Engineering Sciences (asavich@ibs.ru).

Sergei Garichev, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Dean of Department of Radio Engineering and Cybernetics, Doctor of Engineering Sciences (sng355@gmail.com).

Vyacheslav Kondratyev, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Doctor of Engineering Sciences (big-group1@gmail.com, +79099935660).

Denis Lytov, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Student (derfrei@frtk.ru, +79654343116).

Abstract: Standard enterprise architectures supported by standard methodologies provide support methods for organization and coordination of engineering projects of enterprise as a whole as well as enterprise entities or enterprise subsystems [11, 17]. In [7] "Operation Systems Framework" approach is suggested as a basis for enterprise engineering.

This approach sets a compact support engineering representation of enterprise operational organization and can be used with the necessary localization to the different entities and operation subsystems of the company. For example in [5] the engineering of "Enterprise Management System" and Management Systems Framework are considered. In this article engineering of "Product Lifecycle Management" (PLM) and the PLM-systems Framework are considered.

Keywords: PLM-system, PLM-systems Framework, ontological and architectural models, quantitative models, huge hybrid models, PLM-superiority center.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Д.А. Новиковым.

Поступила в редакцию 14.05.2015.

Опубликована 31.01.2016.