

УДК 658.5 +334.012.23

ББК 65.050.2

## **СИСТЕМНО-ИНЖЕНЕРНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ**

**Белов М. В.<sup>1</sup>**

*(Компания IBS, Москва)*

*Изложен взгляд на управление жизненным циклом продукта (системы, объекта, сервиса) через управление расширенным предприятием, обеспечивающим поддержку жизненного цикла (РПЖЦ). Управление расширенным предприятием (кооперацией) рассмотрено с системно-инженерной и экономической точек зрения. Выявлены существенные особенности РПЖЦ по сравнению с предприятиями-фирмами. Определено, что основными объектами управления на уровне жизненного цикла являются кооперация предприятий-участников, проектная программа и полная информационная модель конечного продукта. Рассмотрен контур управления жизненным циклом и вопросы эффективности системы управления РПЖЦ. На основе выполненного анализа предложен оригинальный системно-экономический архитектурный шаблон для построения системы управления РПЖЦ. Предложены способы внедрения проактивного управления в логике «сценарий-прогноз против плана» вместо «факт против плана».*

Ключевые слова: жизненный цикл, расширенное предприятие, информационная модель, управление «сценарий-прогноз против плана», архитектура предприятия, архитектурный шаблон.

### **1. Введение**

Управление жизненным циклом продуктов (изделий, систем, объектов, сервисов) стало популярной управленческой

---

<sup>1</sup> Михаил Валентинович Белов, кандидат технических наук (mbelov@ibs.ru).

технологией в последние десятилетия. Управление жизненным циклом (ЖЦ) [34] – это стратегический бизнес-подход, заключающийся в применении согласованного набора решений для поддержки совместного создания набора данных о продукте, управления этими данными, распространения их и использования в рамках всего расширенного предприятия от концепта до окончания ЖЦ продукта путем интегрирования людей, процессов, бизнес-систем и информации. Причиной распространения этого подхода является существенный рост значимости информационной, интеллектуальной, составляющей производства и экономики в целом: с одной стороны, конечные продукты становятся все сложнее, с другой – производственные технологии делают непосредственный выпуск отдельных деталей и изделий всё более эффективным и всё менее ресурсоемким. Поэтому существенно возрастает роль данных о продукте, значимость операций по их созданию и изменению в ходе ЖЦ продукта, акцент смещается от вещественного компонента экономики к информационному.

Увеличение роли информации вместе с развитием информационных технологий привело к появлению новых возможностей в области технологий организации и управления экономикой и производством – эффективного принятия решений на основании информационных моделей конечных продуктов, проектов и проектных программ, производственных коопераций.

Исследования в сфере управления ЖЦ традиционно уделяют внимание самому продукту, его ЖЦ и процессам управления, а субъект управления всегда замалчивается. Таким субъектом в случае управления ЖЦ является расширенное предприятие, поддерживающее жизненный цикл.

В статье сделана попытка комплексного анализа системно-инженерных и экономических аспектов этого предприятия, выделены основные объекты управления. Определен набор качественных показателей эффективности системы управления РПЖЦ, основанный на выполненном анализе. Предложен архитектурный шаблон для построения системы управления расширенным предприятием, поддерживающим ЖЦ.

В ходе анализа современных практик управления ЖЦ сложных изделий, объектов и систем использованы три примера из разных индустрий: аэрокосмической – Boeing SA [22], капитальной – CrossRail [21] и информационных технологий – IBS [26]. Эти компании занимаются производством и обеспечением жизненных циклов сложных технических изделий, объектов и систем и являются лидерами в своих областях.

Компания Боинг является крупнейшим производителем средне- и дальне-магистральных гражданских самолетов, не только опережающим своих конкурентов по объемам выпуска и росту (около 20% роста за последние 2 года), но также технологически лидером, выпускающим на рынок инновационные изделия. В результате реализации производственной программы Boeing 787 Dreamliner [16] был создан самолет, впервые широко использующий композитные материалы, что позволило примерно на 20% повысить топливную эффективность, улучшить климатические условия пассажирского салона и повысить технологичность производства в целом.

Компания CrossRail [21] создана для управления и координации программы создания железнодорожной высокоскоростной магистрали в Лондоне и пригородах, которая является сейчас самой крупной инфраструктурной программой в Европе с бюджетом около 16 млрд. фунтов стерлингов. Строительные работы программы начаты в 2009 году, первый поезд должен пройти в 2018 году, на момент ноября 2014 года программа реализовывалась с отставанием около 2 недель и без превышения бюджета. В ходе программы должна быть создана железнодорожная система с десятками станций, подземной частью под центральной частью Лондона, интегрированная в уже существующую сеть общественного транспорта. Сама компания CrossRail не осуществляет ни проектных, ни строительных работ, занимаясь только управлением и координацией программы.

Компания IBS [26] является крупнейшим в Восточной Европе системным интегратором, создающим сложные системы управления коммерческими компаниями практически из всех индустрий, государственными и муниципальными органами и другими организациями. Одновременно компания выполняет

немногим менее тысячи проектов из практически всех сфер информационных технологий и консалтинга, начиная от сложных вычислительных комплексов и сетевых структур, включая внедрение бизнес-приложений и обработку данных, заканчивая консалтингом в области стратегического управления и управления человеческими ресурсами.

## **2. Особенности современных предприятий важные для построения систем управления**

### ***2.1. СИСТЕМНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМИКИ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ПРЕДПРИЯТИЙ***

Современное производство, да и экономика в целом, является совокупностью экономических агентов сложным образом связанных, взаимодействующих и конкурирующих друг с другом в рамках всех этапов жизненных циклов производимых продуктов (изделий, систем, объектов, сервисов).

Практически все экономические агенты отвечают определению предприятия [23]: все они являются социально-техническими системами, объединяющими взаимозависимые ресурсы (персонал, финансы, материалы, оборудование, здания и сооружения), процессы, данные/знания и технологии, которые взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой для достижения общих целей.

Под предприятиями будем понимать и фирмы/бизнесы, и государственные органы, и их объединения, и отдельные подразделения внутри фирм, и проекты, и производственные проектные программы. Время жизни предприятий может быть длительным (как у ведущих фирм) или кратковременным (проектная команда).

Экономика, промышленность и каждое предприятие состоят из множества разнородных элементов, объединенных многими связями, осуществляющих multidisciplinary деятельность – бытовую, логистическую, производственную, финансовую и другие. При этом элементы предприятий сами могут быть предприятиями, т.е. это системы, состоящие из систем. Предприятия (и их элементы) связаны друг с другом

множеством разнородных связей – финансовых, акционерных и др.

Отношения между предприятиями (и их элементами) также весьма сложны. Одни предприятия могут полностью или частично входить в другие (например, совместные проекты нескольких фирм). Кроме того, предприятия конкурируют друг с другом, причем несколько конкурирующих предприятий могут в то же время сотрудничать, входя в одну и ту же кооперацию по производству какого-то продукта.

В силу системной сложности предприятия не могут быть описаны только с единственной точки зрения: чтобы была «полная картина», необходимо описать и организационную структуру, и физическое расположение производственных активов, и финансовые потоки, и технологии, и информационные потоки, и ещё много другого, используя различные взгляды.

## *2.2 ИЗМЕНЕНИЕ РОЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ: РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КООПЕРАЦИИ*

Один из взглядов на экономику или способов управления экономическими или производственными агентами соответствует отношениям собственности, другой – финансовым потокам, и именно эти взгляды и способы управления превалируют в современной российской экономике.

Однако основную роль для производства играют «сквозные» производственные процессы, именно эти связи формируют современные кооперации на основе жизненных циклов, именно благодаря этим сквозным процессам собственно осуществляется производство.

В прошлом результаты производства (изделия, объекты, сервисы, системы) были относительно несложными, и это позволяло полностью производить их в рамках одного предприятия: закупалось сырьё и стандартные комплектующие изделия, готовое изделие производилось и продавалось, послепродажным сервисом предприятие не занималось. В такой ситуации межфирменные технологические и информационные связи были незначительными, акционерное и финансовое управление было вполне адекватным для успешного развития производства.

Другие связи можно было не учитывать, «заводы полного цикла» были самодостаточными.

В последние десятилетия продукты, сервисы и вся экономика существенно усложнились: один завод не может полностью произвести сложное изделие, потребовалось создавать технологические кооперации. С другой стороны, возникла потребность сопровождать изделие в течение всего ЖЦ – в течение длительного времени, иногда десятилетий.

Всё это привело к увеличению роли технологических и информационных связей между предприятиями. Основную роль стали играть «сквозные» производственные процессы на основе ЖЦ, эти процессы связывают предприятия не директивными, «мягкими» управленческими связями.

В то же время усложнение продуктов повысило роль информации о продукте, сделало информационную модель (ИМ) продукта существенно более значимой в структуре затрат на создание конечного изделия и обеспечение его ЖЦ. Также ИМ существенно расширилась и стала содержать не только геометрию, но также технологии изготовления, логистическую информацию, эстетический дизайн, бренд, сертификационные данные и т.д. ИМ стала доступной всем участникам кооперации, что привело к появлению понятие «единое информационное пространство».

В результате наиболее продвинутые фирмы стали учитывать информационные и технологические связи, ассоциированные с жизненным циклом изделия, и строить управление, основанное на таких связях. Сложилась технология управления жизненным циклом – группирование предприятий по принципу участия в обеспечении ЖЦ и управление информационными (прежде всего) и другими потоками внутри такой группы. Тем самым, сложились «расширенные предприятия» – совокупности производственных единиц, ассоциированных с ЖЦ изделия сквозными процессами и единым информационным пространством. Наиболее адекватной метафорой представления расширенного предприятия является «облако», или «звезда», вокруг головного предприятия, а не сеть или иерархия. Конечно, первоначально такие «облака» сложились внутри фирм, между

отдельными подразделениями, и уже позднее – между предприятиями.

Значимые технологические и информационные связи не заменили финансовое и акционерное управление, а дополнили его, образовав ещё одно «измерение» управления предприятиями.

Создание ещё одной, «параллельной», системы управления всегда является и дорогостоящим, и длительным, и болезненным процессом, вынуждающим людей менять свои деловые привычки и ментальность. Почему, тем не менее, эта сложная система управления возникла и распространилась?

Причина перехода к управлению ЖЦ – экономическая целесообразность, когда необходимо обеспечивать технологическую и информационную координацию между фирмами и/или подразделениями внутри одной фирмы, обеспечивающими ЖЦ. Это происходит, когда:

- жизненный цикл «выходит» за границы фирмы, за границы акционерного/финансового контроля или за границы одного подразделения внутри фирмы (а это почти всегда). Возникает интеграция «внутри» этапа ЖЦ;
- нужно обеспечивать «безболезненную» передачу изделия с одного этапа жизненного цикла на другой, от одних предприятий – другим, т.е. интеграция «между» этапами ЖЦ.

В таких случаях если не создавать систему управления ЖЦ, то потери из-за недостаточной координации и недостаточного информационного обмена существенно превысят затраты на такую систему.

### *2.3 РАСШИРЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ: КООПЕРАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОДУКТА*

Управление жизненным циклом формирует кооперацию, создавая расширенное предприятие. Такие предприятия осуществляют создание конечного продукта (изделия, системы, объекта) или предоставление сервиса и обеспечение его жизненного цикла. Именно они интегрируют деятельность всех остальных экономических агентов, формируют окончательную ценность результата производства и являются «лицом» произ-

водства для потребителей, поэтому эти предприятия оказывают наибольшее влияние на экономику.

В статье будут рассмотрены вопросы управления именно такими предприятиями – расширенными предприятиями, поддерживающими весь жизненный цикл продукта, изделия, системы, объекта или сервиса. Под РПЖЦ будем понимать фирму, или кооперацию предприятий, или иное множество экономических агентов, которое поддерживает жизненный цикл продукта или сервиса от замысла до утилизации.

РПЖЦ являются сложными системами и системами, состоящими из систем, и не всегда бывают оформлены как единое целое, поэтому точно очертить границы РПЖЦ достаточно сложно. Однако жизненный цикл продукта/сервиса является достаточным дискриминантом, позволяющим определять совокупность предприятий, входящих в РПЖЦ как объект управления.

#### *2.4 ДУАЛИЗМ РАСШИРЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ – НЕОБХОДИМОСТЬ ИНТЕГРИРОВАТЬ СИСТЕМНО-ИНЖЕНЕРНЫЕ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ*

Предприятие, являясь и сложной системой, и системой, состоящей из систем, осуществляющих многодисциплинарную деятельность, служат предметом исследований различных отраслей знаний. Это и экономические теории фирмы, и управление проектами и программами, и системно-инженерные методы и исследования в других областях, в каждой из которых разработано много полезных методов, подходов и моделей.

Практическое управление предприятием требует интегрированного применения этих методов и подходов, однако их комплексное использование затруднено из-за междисциплинарных методологических и ментальных барьеров. Например, в системно-инженерной области разработано существенное количество методов и подходов к созданию и управлению сложными системами, системами, состоящими из систем, и системами предприятий. Однако все эти методы являются качественными, а не количественными, они хорошо описывают технологии, предметы производства, архитектуру и процессы предприятия,



но совершенно непригодны для финансово-экономического анализа и управления. И наоборот, финансовая и бухгалтерская терминология даже не содержит таких понятий, как неопределенность, сложность, возникающие свойства, архитектура системы. Это является проявлением дуализма: с одной стороны, предприятие – это сложная система, а с другой – оно практически всегда объект финансового учета, и почти всегда ещё и способ создания прибыли.

Однако интегрировать указанные подходы и методы совершенно необходимо. Прежде всего для решения целого ряда практических задач, связанных с управлением себестоимостью жизненных циклов сложных систем и объектов, например, для обоснования исходного бюджета новой разработки и обоснования корректировок бюджета, перехода к контрактам жизненного цикла и к контрактам с фиксированной ценой, перехода от закупок изделий к закупке сервисов (представляемых изделием).

## *2.5 СОВРЕМЕННЫЕ ИНИЦИАТИВЫ И ТРЕНДЫ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ*

В последние десятилетия и в сфере индустриальных технологий, и в сфере управления, и в сфере информационных технологий произошли существенные изменения, которые радикально изменили экономику в целом и сами предприятия [1]. Наибольшее влияние на изменения в производстве в целом оказало широкое применение таких подходов как:

- Концепции жизненного цикла (ЖЦ) и процессы управления жизненным циклом продукта/объекта/системы (Product Lifecycle Management, PLM) – управление требованиями, конфигурацией и изменениями [6], «ворота принятия решений» (Decision Gates).
- Концепции «расширенного предприятия», интеграция данных и процессов.
- Модульность, крупноблочная сборка и монтаж [7], платформы [11].
- Моделе- и датацентричность
- Методы планирования и контроля ресурсов, затрат, финансовых результатов, рисков на всех стадиях ЖЦ изде-

лия/объекта/системы, например, Total Ownership Cost, Total Cost Management [42]; управления сроками эксплуатации изделий/объектов/систем [32], параллельное проектирование, виртуальные рабочие группы и их совместная работа, использование опыта и наработок.

- Управление проектными программами и проектами в целом [33, n40].
- Непрерывного повышения операционной эффективности: совершенствования производственных и других процессов – TQM, LEAN [4], rolling budget [36] и др.

Все из упомянутых трендов в той или иной форме используются компаниями Boeing, CrossRail и IBS.

Дальнейшее развитие управления производством идет в рамках инициатив развития производственных интеллектуальных систем и подходов (например, Industry 4.0 [35] и Smart Manufacturing Leadership Coalition [39]), глобализация кооперации (Global Product Development [24]), развития виртуальных предприятий (Virtual Enterprise [18]) и альянсов [43]. Предполагается переход к «производству как сервису»[30] и «облачному производству» [29] на основе создания инфраструктуры «облачного производства» [17, n27, n31].

Причиной возникновения всех вышеперечисленных трендов является экономическая целесообразность. Продукты и сервисы становятся все сложнее, соответственно они требуют все более сложных инженерных решений и технологий, что в свою очередь требует сложных коопераций. Конкуренция при этом требует ускорения создания новых продуктов и высокого качества продуктов и сервисов. Необходимо одновременно делать «лучше и сложнее», «быстрее», «дешевле» и «качественнее». Прогресс в целом обеспечивается прежде всего за счет создания принципиально новых технологий и продуктов, но технологии организации и управления предприятиями также существенным образом способствуют ему. Качество и оперативность могут достигаться за счет распараллеливания работ, использования готовых проверенных решений, за счет перехода от проектирования и производства «целиком и с нуля» к интеграции (частично) из готовых изделий, которые массово произ-

водятся в «облаке», – всё это и реализуется в рамках выявленных трендов.

Фактически приведенные тренды характеризуют «новый технологический уклад», наступление «экономики знаний».

Обобщим и сформулируем отличительные признаки современных предприятий и современной экономики в целом.

## **2.6 РОЛЬ ИНФОРМАЦИИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОДУКТА**

Возрастает значение информационной модели (ИМ), создаваемой параллельно объекту, продукту, сервису. Для ИМ существует много определений, например, одно из них содержится в ГОСТ 34.003-90 [5]. Имеет смысл отметить, что ИМ существовала и использовалась всегда: например, еще в Древнем Египте ИМ храмов сначала формировались в головах архитекторов, потом появились на примитивных с нашей точки зрения чертежах и только потом «овеществлялись» в виде сооружений, сохранившихся в течение трех тысячелетий. Однако в последние десятилетия роль ИМ в производстве существенно изменилась.

1. В течение долгого времени себестоимость и сроки овеществления ИМ, т.е. создания непосредственно изделий, были несопоставимо выше себестоимости и сроков разработки ИМ, сейчас это соотношение изменилось. Соответственно, доля стоимости сырья и материалов в стоимости готового изделия снизилась, а доля стоимости разработки – возросла. Стоимость металла и композитов, из которых сделан современный автомобиль или самолет, не превышает десятков процентов в цене изделия, остальное составляет стоимость производства деталей, конечной сборки и собственно проектирования. Разработка нового самолета продолжается 5–7 и более лет, в работы вовлечены сотни инженеров, а результатом является невещественная ИМ. Наиболее ярким примером в этом случае является себестоимость iPhone [12]: стоимость всех компонентов iPhone 5s 16 Гбайт составляет 191 доллар, еще 8 долларов затрачивается на сборку устройств, т.е. общая сумма составляет 199 долларов., а

- сам iPhone продавался в 2014 г в США за 649 долларов. Большую долю в цене занимает дизайн и продвижение на рынок, т.е. ИМ.
2. Информационная модель, в отличие от самого вещественного продукта, существует на всех стадиях жизненного цикла, начиная от концепта до утилизации.
  3. Раньше ИМ создавалась в едином центре разработки, а производство могло быть в кооперации подрядчиков-производителей. Сейчас и процесс разработки изделия, т.е. создания ИМ, выполняется в разветвленной кооперации [24]. Например, известно, что разработка самолетов Boeing SA выполняется несколькими инженерными центрами в США, Австралии и России, аналогично – Airbus.
  4. В прошлом информационные модели в виде чертежей, спецификаций и другой технической документации использовались только для производства, сейчас это не так. Например, практически с самого начала развития атомной энергетики подтверждение требований безопасности энергоблоков производится на основе расчетов, т.е. на основе ИМ. В последние годы ИМ стали использоваться также для сертификации автомобилей, самолетов и других технических объектов.
  5. С усложнением объектов производства и расширением сферы использования ИМ сами модели становятся всё более сложными и дорогостоящими. Теперь ИМ содержат не только геометрическое описание и структуру изделия, материалы и технологические карты, логистическую информацию, но также сложные модели функционирования, движения и другие. ИМ является сложным иерархическим междисциплинарным комплексом.
  6. Все более усиливается процесс разделения «вещественной» и «интеллектуальной» частей производства. Происходит оформление «интеллектуальной части» производства как самостоятельной подотрасли – создание, модернизация и т.д. информационной модели. Кроме роста числа компаний, бизнесом которых является инже-

нерные услуги, – это было и ранее – проявляются новые факторы: во-первых стандартизация инженерных услуг и, как следствие, «офшорные разработки», а во-вторых, существенный рост стоимости «интеллектуальной части» производства/продукта по отношению к «вещественной», прежде всего из-за усложнения продуктов производства. Экономическое смещение акцента от вещественных объектов к интеллектуальным подкрепляет тренд выделения «интеллектуальной части» в самостоятельную подотрасль.

7. «Интеллектуальная часть» продукта производства – информационная модель – также институализируется и все более становится товаром. Полная ИМ включает информационные компоненты и маркетинга, и требований, и результатов проектирования/конструирования, и технологии изготовления, и сертификации, и логистики, и планов, и структуры кооперации разработчиков-изготовителей, и другие атрибуты. ИМ формируется, изменяется и используется на всех стадиях ЖЦ всеми участниками кооперации. Роль ИМ повышается: она используется не только для изготовления продукта (например, как основа для конструкторско-технологической организации производства), но также для сертификации продуктов и других целей.

Фактически производственная деятельность превращается в два параллельных процесса: создание и сопровождение информационной модели и создание непосредственно самого объекта и обеспечение его жизненного цикла.

Как следствие увеличивается влияние информационных технологий как средств производства информационных моделей.

## **2.7 ИЗМЕНЕНИЯ В ВЕЩЕСТВЕННОМ СЕГМЕНТЕ ПРОИЗВОДСТВА**

- «Вещественная часть» производства также существенно меняется: с одной стороны, происходит специализация производителей компонентов сложных изделий/объектов/систем, с другой стороны, сами изделия/объекты/системы все больше и больше становятся

продуктами интеграции «стандартных» серийно выпускаемых компонентов (или услуг). Например, доля стоимости стандартных комплектующих составляет около 65% стоимости всех компонентов и узлов автомобиля [13].

- Производство в целом развивается в направлении выделения, с одной стороны, относительно небольшой группы предприятий, отвечающих за создание и продвижение конечного продукта/сервиса, а с другой стороны – «производственного облака» из предприятий, производящих комплектующие изделия, материалы, сервисы. Доля производств полного цикла существенно уменьшается. Производители конечного продукта оставляют за собой создание информационной модели и физическую сборку компонентов продукта, а все остальное стараются передать участникам кооперации. Стандартизируются интерфейсы взаимодействия между предприятиями «заказ–поставка» и в части форматов контрактов и технических заданий, и в части качества, сроков и тд.
- Широкое применение стандартных комплектующих и использование апробированных технологий только высокого уровня зрелости превращают выпуск изделий, овеществление ИМ, в рутинный, т.е. дешевый и гарантированный, процесс. Технологические риски и проблемы «сместились» в этапы разработки изделий, а не выпуска – наиболее существенные проблемы и задержки в проектных программах ведущих фирм, например, Боинга, случаются на стадиях разработки и сертификации, а не производства.
- Используются новые формы кооперации – «расширенное» предприятие, основанное на реализации «сквозных» процессов, альянсы, виртуальные предприятия.
- И в межфирменных, и во внутрифирменных взаимодействиях доминируют «мягкие» – неиерархические, недирективные подходы, управление не через директивы, а через установление (долгосрочных) целей и правил/ограничений, использование упреждающих сцена-

риев и прогнозов, убеждений, «продажа идей». Сложность кооперации не позволяет эффективно управлять в стиле директив, так как для эффективного директивного управления ключевым фактором является полная и детальная информированность управляющего центра, его оперативное реагирование, а в сложной и меняющейся производственной среде это практически невозможно.

- Происходит дальнейшая глобализация. Не только цепочки поставщиков становятся глобальными (например, уже сейчас Boeing более 50% компонентов получает от зарубежных поставщиков), но также процесс создания нового продукта – самая суть бизнеса – также становится глобальным.

## *2.8 СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ И СИСТЕМНО-ИНЖЕНЕРНЫЕ ПОДХОДЫ*

- Всё большее распространение получают принципы системной интеграции практически во всех индустриях, от информационных технологий до авиастроения, и в фирмах разного масштаба, от стартапов до международных корпораций. Фирмы, отвечающие за конечное изделие, всё чаще выступают в роли системных интеграторов. Они добавляют стоимость на системном уровне: прогнозировании тенденций рынка, формировании требований к будущим продуктам, проектировании, сборке, сертификации, продаже, сервисе продуктов. Они все реже непосредственно изготавливают комплектующие детали и компоненты. Использование «готовых» комплектующих приняло очень широкие масштабы для их обозначения появились общеизвестные аббревиатуры COTS (commercial-off-the-shelf) и GOTS (government-off-the-shelf). Сочетание усложнения конечных изделий и использование для интеграции COTS/GOTS делает все более ценным и значимым знания (конструкцию, технологии и т.д.) об изделии, знания и данные занимают в стоимости изделия все большую долю.

- Системная интеграция требует применения системно-инженерных методов и подходов – управления требованиями, конфигурацией и т.д.
- Производители конечного продукта/сервиса реализуют концепции жизненного цикла продукта/сервиса, интегрированное управление технологическими решениями, экономикой, рисками предприятия. Уже на стадии концепта будущего изделия учитывается не только технология изготовления, но также вопросы сервиса в ходе эксплуатации и даже утилизации. Новый тренд «Circular Economy» развивает идеи утилизации отходов: сегодняшние продукты завтра послужат ресурсами для нового цикла производства.
- Для управления жизненным циклом изделий, как правило, используются производственные проектные программы. Производственные программы – совокупности проектов и других активностей, направленные на достижение определенных целей [41] – практически всегда являются системами, состоящими из систем, а также системами предприятий [23].

Все эти изменения в существенной степени базируются на развитии соответствующих информационных технологий, которые не только поддерживают, но во многих случаях стимулируют изменения в технологиях организации и управления производством.

### **3. Особенности управления РПЖЦ**

#### **3.1. СТРУКТУРА РАСШИРЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК КООРДИНИРУЮЩИЙ ЦЕНТР И «ОБЛАКО» ИСПОЛНЯЮЩИХ АГЕНТОВ**

Выявленные в предыдущем разделе факторы позволяют описывать современную экономику как совокупность агентов, объединяющихся в «Облака РПЖЦ» в рамках обеспечения жизненного цикла конечных продуктов (изделий, объектов, систем, сервисов), рис. 1. «Облака РПЖЦ» образуются из управляющего и координирующего центра (УКЦ) и исполняющих предприятий (ИсП).



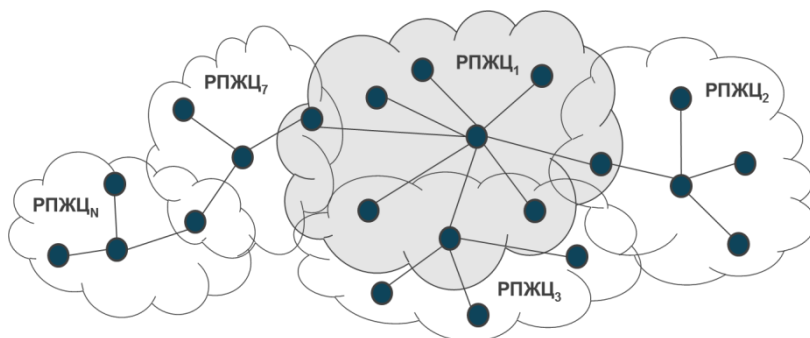


Рис. 1. Экономика как облака расширенных предприятий

В примере Boeing 787 Dreamliner [16] проектные программы организуются по всем типам выпускаемых и перспективных самолетов. В качестве УКЦ выступает Группа управления программой, формируемая в головном предприятии, в качестве ИсП – дисциплинарные подразделения Boeing, а также поставщики и субподрядчики (количество которых более 10 тысяч), иногда международные, участвующие в программе (например, Mitsubishi Heavy Industries, Япония, поставляет крыло, Alenia Aeronautica, Италия – хвостовое оперение, Global Aeronautica, Италия – секции фюзеляжа).

В примере программы CrossRail [20] в качестве УКЦ выступает сама компания CrossRail ([21]). Исполняющими предприятиями являются компании, выполняющие проектирование, проходку туннелей (таких компаний пять: BAM Nuttall; Ferrovial Agroman; Kier Construction; Dragados; John Sisk & Son; Hochtief; J. Murphy & Sons), строительно-монтажные работы, производство оборудования (в частности, системы управления и сигнализации поставляет Siemens) и подвижного состава (Bombardier Transportation) и т.д.

В примере компании IBS [26] в качестве УКЦ выступают группы управления проектами, состоящие из руководителя проекта, администратора и руководителей по направлениям. Роли ИсП выполняют дисциплинарные проектные группы из подразделений IBS, поставщики (всего несколько тысяч, например, IBM, Huawei, Cisco, SAP AG и многие другие) и подрядчи-

ки, рабочие группы на стороне заказчика. Каждый из проектов, выполняемых IBS, существенно меньше по объемам и количеству участников, чем у Boeing и CrossRail, однако таких проектов одновременно выполняется немногим менее тысячи, что создает свои сложности. В частности, важной особенностью консалтинговых проектов является необходимость вовлечения в работы специалистов заказчика, поэтому в проектную кооперацию практически всегда входит и организация заказчика.

УКЦ отвечает за конечное изделие в целом и его жизненный цикл, за проектную программу, за организацию и управление кооперацией – «облаком РПЖЦ»; Исполняющие предприятия – за соответствующие компоненты или работы по обеспечению жизненного цикла конечного изделия. «Облака РПЖЦ» могут пересекаться, так как ИсП часто участвуют в производстве различных конечных изделий, например, все мировые автопроизводители пользуются продукцией одних и тех же поставщиков электрических компонентов или компонентов топливных систем. Также исполняющие предприятия сами могут быть РПЖЦ, образуя вложенные иерархии. Такую роль играют, например, поставщики авиационных двигателей (GE и Rolls Royce) по отношению к авиастроительным компаниям (Boeing), поставщики проходческих машин (Herrenknecht AG) для CrossRail и поставщики вычислительной техники (IBM, Huawei, и тд) для IBS.

Вместе с тем, сами РПЖЦ не существуют всегда, они формируются с целью создания продукта и обеспечения его жизненного цикла. Фактически само предприятие РПЖЦ возникает и развивается параллельно жизненному циклу целевого продукта. Группа управления программой Dreamliner была организована со стартом программы в 2003 году, а будущая производственная кооперация начала формироваться позднее. Правительственные документы программы CrossRail начали готовиться и приниматься с 2006 года, в 2009 году была образована компания CrossRail, туннельные работы начались в 2009 году, поставщик подвижного состава был выбран только в 2014 году. Проектные команды IBS формируются на ранней стадии работы с заказчиком, когда облик будущей системы управления (или её компонента) только формируется, тогда же

происходит предварительное определение поставщиков и участвующих подразделений внутри компании IBS. После подписания основного контракта производится окончательное утверждение кооперации и подписание контрактов с поставщиками и подрядчиками. Состав кооперации и разделение ролей окончательно фиксируются в документе «Устав проекта».

### 3.2 ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ РПЖЦ И РЕСУРСЫ

При создании сложного целевого продукта и обеспечении его жизненного цикла управляющий и координирующий центр одновременно оперирует несколькими системами, их информационными моделями и жизненными циклами:

- самим продуктом (изделие, объект, система, сервис), в том числе технологией его создания и производства и инфраструктурой функционирования целевого продукта;
- информационными моделями продукта, технологий и инфраструктуры;
- проектной программой жизненного цикла продукта;
- кооперацией РПЖЦ, обеспечивающей жизненный цикл целевого продукта и его информационной моделью.

Фактически образуется «Программный треугольник ЖЦ», представленный на рис. 2.



Рис. 2. «Треугольник ЖЦ»

Важно отметить, что «Программный треугольник ЖЦ» является сложной системой и системой, состоящей из систем, со всеми присущими им свойствами и особенностями [40].

Создание ИМ и оперирование ею всегда является некапиталоемким процессом. В большинстве индустрий (за исключением отдельных отраслей информационных технологий) овеществление ИМ – непосредственное производство – требует капитальных затрат.

Управляя кооперацией, УКЦ оперирует на уровне ИсП и не погружается в функционирование ИсП, соответственно процессы непосредственного производства и технологии, потребляемое сырье и материалы, капитальные активы и даже человеческие ресурсы не находятся в зоне внимания и управления со стороны УКЦ. Так как овеществление производится в ИсП, УКЦ непосредственно не управляет капитальными активами, не закупает оборудование, материалы, не оплачивает труд персонала. УКЦ опосредованно оплачивает всё это, приобретая интегрируемые компоненты целевого продукта. УКЦ распоряжается только информационными и финансовыми ресурсами, аккумулируя их и снабжая ими исполняющие предприятия, и временем – контролируя сроки выполнения работ.

Это характерно и для групп управления самолетными программами Boeing, и для CrossRail, и для групп управления проектами ИБС.

Важно отметить, что потребительские функции конечного продукта, которые, собственно, и обеспечивают ценность продукта для потребителя, определяются в ходе создания ИМ, а при овеществлении производится создание вещественной формы продукта, который обеспечивает целевые функции. Фактически ИМ аккумулирует и представляет потребительскую ценность целевого продукта, тем самым ИМ выражает весь смысл деятельности УКЦ и кооперации в целом. В этом смысле ИМ представляет особый интерес для управляющего и координирующего центра. На рис. 3 представлена диаграмма, иллюстрирующая связь между потребительской ценностью, конечным продуктом и ИМ.

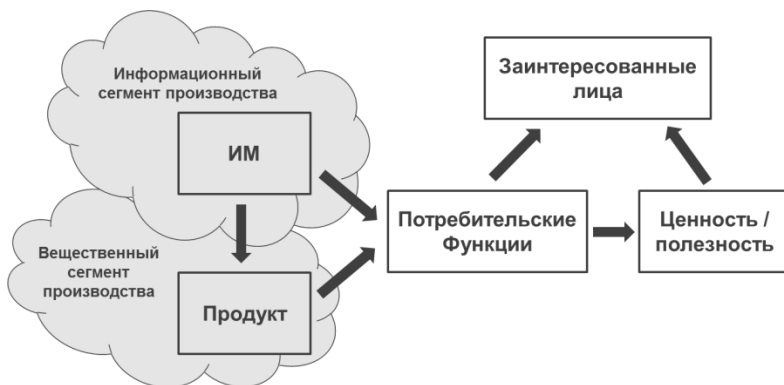


Рис. 3. Цепочка ценности/полезности

Таким образом, процесс управления жизненным циклом целевого продукта со стороны УКЦ характеризуется видами деятельности и соответствующими объектами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Виды деятельности и объекты управления

<b>Виды управленческой деятельности</b>	<b>Объекты управления</b>
1. Формирует и поддерживает состав кооперации (РПЖЦ), выбирая подрядчиков и поставщиков, и заключая подрядные договоры с ИСП. Стандартизирует в рамках кооперации рабочие процессы, результаты труда (параметры конечного продукта и его компонентов, нормы производительности), экспертизу и квалификацию участников РПЖЦ.	Кооперация–РПЖЦ (её состав и структура, правила функционирования – стандарты процессов и результатов).

<i>Виды управленческой деятельности</i>	<i>Объекты управления</i>
2. Осуществляет постановку целей на уровне ИсП, планирует проектную программу – сроки, бюджеты и результаты работ, контролирует исполнение планов (не погружаясь в детали функционирования ИсП), управляет рисками и изменениями сроков и бюджетов.	Проектная программа (проекты, работы, планы, сроки, бюджеты, риски, изменения).
3. Контролирует создание информационной модели и её соответствие потребностям пользователей и заинтересованных лиц, а также взаимное соответствие ИМ и собственно целевого продукта (включая управление технологическими рисками и изменениями).	Информационная модель, её соответствие потребностям заинтересованных лиц с одной стороны и целевому продукту – с другой.

Фактически предметами непосредственного управления ЖЦ являются информационные объекты – кооперация, проектная программа и ИМ продукта, собственно производство и сам целевой продукт не являются предметами управления со стороны УКЦ, это происходит опосредованно через кооперацию ИсП – через планы, финансирование и стандартизацию процессов и результатов работ. При этом используются все основные механизмы, посредством которых осуществляется координация и управление деятельностью вообще [9].

#### 4. Об эффективности управления РПЖЦ

Вопрос эффективности управления является исключительно важным для любой системы, в том числе и РПЖЦ, так как эффективность управления непосредственно определяет полезность управляемой системы для заинтересованных лиц. В свою очередь, эффективность РПЖЦ эквивалентна эффективности ЖЦ конечного продукта. Эффективность конечного продукта определяется соотношением эффекта от продукта к понесенным затратам на всем жизненном цикле. Очевидно, что для эффективного управления ЖЦ необходимо, чтобы система управления ЖЦ/РПЖЦ обеспечивала возможность оперативного оценивания и прогнозирования эффекта от продукта и затрат на всем ЖЦ.

Управление практически любой сложной системой строится в виде классической «субъект-объектной структуры» (например, [10]), а для описания функционирования систем управления обычно используется понятие управленческого цикла [8]; на сегодняшний день известно несколько десятков таких моделей управления в виде циклов. В случае управления ЖЦ такой цикл может быть описан диаграммой (рис. 4).



Рис. 4. Контур управления ЖЦ

Важно отметить, что все факторы управления, показанные на диаграмме, носят информационный характер. И само управление, и обратная связь, и потребности заинтересованных лиц, и ограничения, и влияние внешней среды являются совокупностью документов, договоров, сообщений, разнородных отчетных форм и других информационных объектов. Управление ЖЦ происходит в рамках сложного системного контекста, множества взаимодействующих систем, в условиях высокой неопределенности и наличия технологических рисков. Общепринятыми подходами к созданию систем управления является формирование управляющих воздействий на основе прогнозирования поведения управляемого объекта, использование адаптивных подходов, особенно это необходимо в случаях сложных систем, функционирующих в сложной среде.

Применительно к управлению ЖЦ целесообразным подходом является проактивное управление, управление на основе прогноза эволюции «Программного треугольника ЖЦ», а не факта. Такое управление предполагает формирование управляющих решений на основании сопоставления «прогноз против плана» вместо традиционного сравнения «факт против плана», что позволяет активно отвечать на изменения, используя превентивные подходы. В случае управления проектной программой жизненного цикла само прогнозирование носит достаточно сложный характер. Как правило, целевое состояние задано – это или создание продукта, специфицированного требованиями, или обеспечение его эксплуатации, или его утилизация. Широко используемые «ворота принятия решений» достаточно точно определяют требования к достигаемым на каждом этапе результатам и требования, которые должны быть удовлетворены для того, чтобы переходить к следующему этапу. Фактически каждые «ворота» специфицируют характеристики продукта и информационной модели при завершении каждого этапа.

Существенно важной является траектория достижения целевого состояния, поэтому прогнозирование должно носить сценарный характер: определения возможных траекторий эволюции и оценивания характеристик этих траекторий, прежде всего, времени и финансовых показателей. Соответствующая графическая метафора представлена на рис. 5. Подчеркивая



сложный, сценарный, характер прогнозирования эволюции «Программного треугольника ЖЦ», будем использовать термин «сценарий-прогноз».

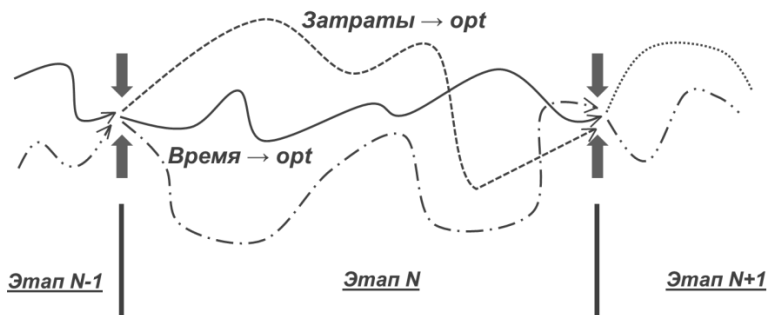


Рис. 5. Сценарное прогнозирование программы ЖЦ

Несмотря на интуитивную очевидность необходимости использования прогноза для управления, этот подход не стал общепринятым. Очень немногие компании (среди них IBS) используют проактивное управление в регулярной операционной деятельности.

Для осуществления такого управления необходимо разработать и внедрить, во-первых, модели учета финансовых и натуральных показателей, во-вторых, регулярные процедуры формирования прогнозных сценариев развития ЖЦ, а также содержательных, натуральных, результатов работ и финансовых результатов.

Система управления РПЖЦ должна обладать и другими возможностями. Рассмотрим их, для чего произведем декомпозицию бизнес-возможности «управлять» на более конкретные бизнес-возможности по отношению к кооперации, проектной программе и информационной модели:

1. Определять текущее состояние управляемого объекта.
2. Прогнозировать поведение управляемого объекта под действием управления.
3. Влиять на объект, прикладывая соответствующие управляющие воздействия.

4. Планировать и перепланировать управляющие воздействия и соответственно изменения состояния управляемого объекта.

Применительно к кооперации, проектной программе, информационной модели эти бизнес-возможности означают, например, следующее:

- закрывать операционный период в гарантированно короткие сроки в части финансового результата стадии программы или этапа разработки ИМ (возможность 1);
- формировать «по кнопке» отчетность о текущем состоянии разработки ИМ, кооперации, проектной программы (возможность 1);
- формировать сценарии развития стадий и этапов ЖЦ, прогнозировать финансовый результат стадии программы до окончания стадии, а также всей программы, всего ЖЦ, прогнозировать результаты разработки ИМ (возможность 2);
- осуществлять перепланирование компонентов программы «по кнопке» – с минимально необходимым участием персонала (возможность 3);
- осуществлять разработку планов и бюджетов всех уровней и направлений – финансовых и производственных. Также необходимо осуществлять оперативное изменение планов и бюджетов – roll-out budgeting (возможность 4).

Также можно выделить универсальные бизнес-возможности, которые являются необходимыми для эффективного управления:

5. вводить все информационные объекты однократно и использовать их во всех необходимых случаях;
6. обрабатывать информацию полностью в «бесбумажной» форме (также исключая бумажные документы и электронные документы в формате свободного текста или pdf-формате);
7. осуществлять обработку информации параллельно несколькими рабочими группами (если это позволяет логика предмета обработки);
8. «легко и оперативно» вносить изменения в ИМ;

9. «легко и оперативно» сохранять и использовать различные варианты ИМ, в том числе повторно использовать «исторические данные» – сохраненные ранее версии ИМ.

Возможности 5–6 и 9 не требуют комментария, они самоочевидны, для остальных возможностей можно привести следующие примеры:

- выполнять разработку конструкции изделия несколькими инженерами и инженерными группами одновременно (возможность 7).
- вносить изменения в разрабатываемую конструкцию изделия с минимальным участием сотрудников, с минимальным количеством ввода информации (возможность 8).

В ходе создания системы управления РПЖЦ отмеченные бизнес-возможности 1–9 конкретизируются до конкретных требований к бизнес-процессам, сотрудникам и информационно-технологическим системам. Под конкретизацией понимаем определение:

- действий (путем описания регламентов соответствующих процессов) необходимых для реализации бизнес-возможностей;
- информационных объектов и их атрибутов, над которыми должны выполняться необходимые действия;
- процессный контент, в который должны быть интегрированы необходимые действия.

Такой алгоритм позволяет создавать бизнес-процессы, реализующие требуемые бизнес-возможности, что обеспечивает непосредственную связь системы управления ЖЦ/РПЖЦ с системными бизнес-возможностями, в свою очередь, реализация этих возможностей позволит перейти к проактивному управлению в логике «сценарий-прогноз против плана» вместо «факт против плана».

В следующем разделе изложены основные идеи построения архитектурного шаблона, который должен отражать требуемые бизнес-возможности.

## **5. Системно-экономический архитектурный шаблон – инструмент создания систем управления жизненным циклом**

Как известно, разработка архитектуры является первоочередным и базовым этапом разработки любой системы, именно архитектура определяет, какими компонентами системы будут реализовываться целевые функции системы. Потому архитектура имеет особенную важность при разработке любых систем и системы управления ЖЦ в частности.

Достаточно распространенными и хорошо зарекомендовавшими себя в последние годы инструментами являются архитектурные шаблоны (architecture framework), аккумулирующие лучшие практики и опыт, как раз такой шаблон и будет предложен в качестве инструмента создания систем управления ЖЦ.

В качестве отправной точки разработки используем разработанный ранее системно-инженерный шаблон капитальных проектов [3], будем учитывать практику применения его в проектах компании ИБС, а также разработки автора в сфере интеграции системно-инженерных методов, управления проектами и проектными программами и бизнес-подходов [2, 11]. При разработке архитектурного шаблона будем использовать классический апробированный и хорошо зарекомендовавший себя подход стандарта ISO/IEC FDIS 42010 [28]. В соответствие с ним первоначально определяются заинтересованные лица (stakeholders) и их потребности (concerns), на их основе разрабатывается архитектурные представления (viewpoints), состоящие из различных классов моделей (model kinds). На практике апробирован подход, когда первыми разрабатываются организационно-функциональные представления, включающие модели типовых процессов управления и типовой организационной структуры, а на их основе – уже представления основных данных и другие представления [3, 12].

Выявление заинтересованных лиц и их потребностей было выполнено в разделах 2 и 3, где были проанализированы и систематизированы основные особенности систем управления производством и тренды, а в разделе 4 – эффективность управ-

ления ЖЦ. Результаты этого анализа фактически представляют требования к системе управления ЖЦ, резюмируем их:

- основными объектами управления являются кооперация-РПЖЦ, проектная программа, информационная модель конечного продукта;
- ресурсами, оперируемыми в ходе управления, являются информационные объекты, финансовые средства и время – сроки и последовательности проектов и работ;
- система управления должна обладать базовыми бизнес-возможностями (пп. 1–9 раздела 4), обеспечивая проактивное управление в логике «сценарий-прогноз против плана».

Исходя из этих требований, определим состав архитектурного шаблона [28] – состав основных процессов и состав архитектурных представлений. Основные процессы и архитектурные представления обобщают типовые и необходимые функции и компоненты системы управления ЖЦ, а представления описывают систему управления с различных точек зрения.

Основываясь на результатах разделов 2–4, можно сказать, что для того чтобы отвечать сформулированным требованиям, разрабатываемый шаблон должен включать системно-инженерный шаблон капитальных проектов [3], дополненный новыми основными «сквозными» процессами, дополнительными группами представлений и представлениями внутри существующих групп. Ниже будут определены основные «сквозные» процессы управления кооперацией и проектной программой, после чего разработаны группы архитектурных представлений и сами представления.

Управление жизненным циклом является основной темой системно-инженерной области знаний, также в последние годы появилось много работ на эту тему в сфере управления проектами и проектными программами и в области совместного применения обоих направлений, например [37, 38]. Ключевой особенностью разрабатываемого шаблона является интеграция системно-инженерных и экономических подходов, необходимость которой была выявлена в предыдущих разделах статьи. Кроме того, в работах [2, 15, 37, 38] была показана необходи-

мость формирования интегрированного процессного базиса организационно-функциональной модели как на основании системно-инженерных стандартов и моделей, так стандартов управления проектами и программами.

Таким образом, в основу разрабатываемого архитектурного шаблона будут положены процессы управления проектами и программами, системно-инженерные и финансово-экономические процессы.

В течение жизненного цикла все три объекта управления (таблица 1) создаются и претерпевают изменения, основные «сквозные» процессы должны поддерживать и обеспечивать эти изменения, именно основные процессы обеспечивают целеполагание системы, её эффективное функционирование.

После принятия решений о начале работ по определенному продукту (системе, объекту, изделию) начинает формироваться кооперация, параллельно с планированием работ и созданием концептуальных документов по продукту (рис. 6).



Рис. 6. Жизненный цикл продукта, проектной программы и кооперации

По окончании стадии разработки Концепции формируется Концептуальная ИМ, содержащая всю информацию о выбранном варианте концепт проекта и технико-экономические требования заинтересованных лиц. Параллельно происходит пополнение/изменение кооперации и развитие проектной программы за счет внесения в неё новых проектов и работ. В результате

разработки технического задания информационная модель дополняется требованиями технического задания. После завершения стадии технического проекта формируется ИМ «Как спроектировано».

На дальнейших стадиях выполняется развитие информационной модели – дополнение её описаниями технологиями производства, логистическими и другими данными. Параллельно возникает овеществленный продукт, также продолжается изменение кооперации и проектной программы.

Определим процессный базис управления РПЖЦ/ЖЦ – набор основных процессов, являющихся «сквозными» для всей кооперации и выполняемых на всех стадиях ЖЦ.

В части управления кооперацией необходимо осуществлять, во-первых, собственно оформление кооперации путем заключения договоров, а во-вторых, формирование технологических и информационных связей путем разработки и внедрения производственных, проектных и бизнес-процессов. Важно отметить, что во многих случаях в кооперацию входят также предприятия заказчиков и приобретателей конечного продукта, например, в примере CrossRail и IBS – практически во всех сложных проектах, в большинстве случаев заказа и приобретения сложной военной техники. В таких случаях связи между предприятиями не исчерпываются договорными, и управляться должны отношения между предприятиями. Следовательно, в базис должны быть включены процессы управления договорами и отношениями между предприятиями, а также управления процессами кооперации.

Управление проектной программой состоит из многих процессов и процессных доменов [33, n19, n40], однако мы выбираем из них для включения в базис только «сквозные» аспекты управления, реализуемые на всех стадиях ЖЦ. Учитывая также, что в нашем случае ресурсами являются только финансы и время/сроки, в базис управления проектной программой включим управление сроками и результатами, управление финансовыми ресурсами, управление принятием решений и управление рисками.

Эффективность оперирования информационной моделью проанализирована в разделе 4, соответственно, выделенные в

разделе бизнес-возможности будут обеспечены процессами управления данными и документами, управления требованиями (включая выявление и анализ требований, валидацию и верификацию), управление конфигурацией (включая управление изменениями).

Таким образом, для управления РПЖЦ / ЖЦ необходим следующий процессный базис:

1. **Группа процессов «Управление предприятием».**
  - Управление договорами и отношениями между предприятиями.
  - Управление процессами кооперации.
2. **Группа процессов «Управление проектной программой».**
  - Управление сроками и результатами программы.
  - Управление финансовыми ресурсами.
  - Управление принятием решений.
  - Управление проектными и финансовыми рисками.
3. **Группа процессов «Управление информационной моделью».**
  - Управление данными и документами.
  - Управление требованиями (включая анализ требований, верификацию и валидацию).
  - Управление конфигурацией (в том числе управление изменениями).

Данные процессы охватывают весь жизненный цикл продукта и тесно связаны между собой. Фактически приведенный набор процессов является компиляцией процессов стандарта 15288 [6], модели СММІ [19], а также руководств Ассоциации управления проектами Японии (PMAJ) [25] и Института управления проектами США n33, n40]. Набор процессов сформирован таким образом, чтобы наилучшим образом обеспечить управление определенными выше объектами. Безусловно, указанные процессы не исчерпывают все процессы, выполняемые в течение ЖЦ, – фактически все процессы, домены и процессные области, описываемые во всех документах [6, 21, 22, 26, 27] и многие другие присутствуют в ЖЦ. Однако выделенные выше процессы, во-первых, являются наиболее важными с точки



зрения управления кооперацией, проектной программой и информационной моделью, а во-вторых, эти процессы охватывают всю кооперацию, все ИП. Поэтому можно утверждать, что процессный базис определяет набор минимально необходимых процессов управления ЖЦ, который может быть расширен в каждом конкретном случае.

Перейдем к определению конкретных представлений, которые необходимо включить в шаблон, детализация представлений до содержащихся в них классов моделей будет выполнена в разделе 7.

Так как производственные, проектные и бизнес-процессы являются основой управления ЖЦ, очевидно, в шаблон должно быть включено представление «Процессы и функции». Каждому из объектов управления будет соответствовать представление, поэтому включим в шаблон представления «Кооперация», «Основные данные» (фактически, состав ИМ), «Проектная программа». Важность учета экономических факторов жизненного цикла требует создания представления «Финансы и экономика ЖЦ», описывающего учетную модель и средства прогнозирования финансово-экономических результатов отдельных стадий ЖЦ и сценариев развития ЖЦ в целом. Учитывая важность формирования прогнозных сценариев стадий и этапов ЖЦ, оценивания и прогнозирования затрат и финансовых результатов на всех стадиях ЖЦ, а также важность прогнозирования свойств конечного продукта и проведения вычислительных исследований с продуктом вместо натуральных экспериментов, включим в состав шаблона представление «Комплекс моделирования функциональных и других свойств конечного продукта». Наконец, инфраструктуру управления составляют информационные системы, для описания которых необходимо соответствующее архитектурное представление.

Таким образом, в состав шаблона включим следующие представления:

1. Представление «Процессы и функции».
2. Представление «Кооперация – организационная структура».
3. Представление «Проектная программа».

4. Представление «Основные данные информационной модели».
5. Представление «Финансы и экономика».
6. Представление «Комплекс моделирования функциональных и других свойств конечного продукта».
7. Представление «Информационные системы».

Таким образом, системно-экономический архитектурный шаблон сформируем (рис. 7) как совокупность:

- процессного базиса;
- набора представлений;
- правил зависимостей представлений и моделей.



Рис. 7. Состав системно-экономического архитектурного шаблона

Принципы определения состава процессного базиса и архитектурных представлений приведены выше, более детальное описание самих процессов и представлений содержится в следующих разделах. Правила зависимостей отражают связи между компонентами различных классов моделей и представлений. Примерами таких правил являются связи между элементами оргструктуры и ролевыми атрибутами рабочих заданий процессов, или между инструментальными атрибутами рабочих заданий процессов и информационными системами, или между временными атрибутами рабочих заданий процессов и кон-

трольными точками проектной программы и так далее. Эти правила достаточно многочисленны, но рутинны, поэтому нет необходимости приводить их в статье.

## **6. Процессный базис системно-экономического архитектурного шаблона**

Рассмотрим и опишем подробнее процессы, включенные в процессный базис шаблона, используя в качестве основы стандарт 15288 [6], модели СММІ n17], а также руководства Ассоциации управления проектами Японии (PMAJ) [25] и Института управления проектами США (PMI) [33, n40].

### ***Управление договорами и отношениями между предприятиями***

Целью процесса является обеспечение того, чтобы УКЦ (заказчик) и ИСП (исполнитель) действовали соответственно условиям заключенных договоров.

Основными видами деятельности в рамках процесса являются:

- исполнение договора;
- контроль соответствия реальных отношений внутри кооперации договорам, приведение их во взаимное соответствие;
- контроль процессов внутри предприятия поставщика;
- приемка поставляемых товаров или выполненных работ;
- обработка инвойсов и других договорных документов.

### ***Управление процессами кооперации***

Цель процесса заключается в гарантировании доступности эффективных процессов жизненного цикла для выполнения их всеми участниками кооперации. Благодаря этому процессы кооперации согласованы с целями и стратегией программы; процессы определены; адаптированы и поддержаны соответствующим образом для учета особенностей отдельных проектов; способны быть исполнены с помощью эффективных проверенных методов и инструментальных средств.

Процесс включает следующие действия:

- установление стандартных наборов процессов для соответствующих стадий ЖЦ;
- определение приемлемых политик и процедур адаптации, требований к их утверждению;
- определение методов и инструментальных средств, поддерживают выполнение процессов;
- установление показателей, позволяющих определять характеристики выполнения процессов;
- контроль выполнения процессов, накопление и анализ показателей процессов, определение тенденций по отношению к целям кооперации;
- выявление возможностей для усовершенствования процессов, постоянное совершенствование имеющихся процессов, методов и инструментальных средств.

### ***Управление сроками и результатами программы***

Цель процесса заключается в определении последовательности и времени исполнения компонентов программы, необходимых для получения эффектов программы; оценивания количества временных ресурсов, необходимых для выполнения каждого компонента программы; определения основных контрольных точек и «ворот принятия решений программы» и достигаемых результатов в условиях существующих ограничений; последующем отслеживании и контроле исполнения результатов и сроков, контрольных точек и «ворот». Важным аспектом управления сроками и результатами является проактивное управление, управление на основе сценариев-прогноза, а не факта. Процесс включает три группы видов деятельности, исполняемые иерархически и итеративно в течение жизненного цикла:

- а) планирование сроков, контрольных точек и «ворот» программы. В ходе планирования:
  - определяется область программы в целом и её компонентов, результаты проектов и работ программы (проектные задачи и поставки);

- устанавливаются графики выполнения компонентов программы, включая критерии достижения результатов и необходимые для этого финансовые ресурсы;
  - устанавливается структура полномочий и ответственности за все компоненты программы;
  - формируются плановые документы и доводятся до заинтересованных сторон для непосредственного исполнения;
- б) формирование сценариев эволюции «Программного треугольника ЖЦ» и прогнозирование исполнения этапов компонентов программы производится периодически для получения упреждающих оценок развития компонентов программы в сопоставлении с планами и требованиями к результатам. Выявляются наступающие отклонения в затратах, сроках и результатах; выпускается периодическая отчетность о статусе проекта и о видимых в прогнозе отклонениях. При необходимости производится изменение направлений деятельности в рамках программы, устранение выявленных отклонений и изменений, перепланирование;
- в) Отслеживание и контроль исполнения планов программы. Производится определение статуса программы, организация исполнения планов программы и обеспечение гарантий реализации программы. Периодически (также при наступлении важных событий) в промежуточных контрольных точках проводится оценка развития компонентов программы в сопоставлении с планами и требованиями к результатам; выявляются отклонения в затратах, сроках и результатах; выпускается периодическая отчетность о статусе проекта и об отклонениях. При необходимости производится изменение направлений деятельности в рамках программы, устранение выявленных отклонений и изменений, перепланирование. Осуществляется подтверждение прохождения контрольных точек и «ворот», санкционирование, когда это обосновано, перехода к реализации следующей стадии или этапа.

### **Управление финансовыми ресурсами**

Процесс подразумевает идентификацию источников финансовых ресурсов для программы, формирование бюджетов компонентов программы и интегрирование их в единый финансовый план программы, оперативный учет затрат в ходе исполнения компонентов программы, оперативное прогнозирование финансовых результатов этапов компонентов программы, формирование финансовой интегрированной отчетности программы. Важным аспектом управления финансовыми ресурсами является использование проактивного управления, управления на основе сценарий-прогноза, а не факта. Такое управление позволяет активно отвечать на изменения используя превентивные подходы. В ходе управления финансовыми ресурсами производятся следующие действия:

- а) оценивание затрат программы производится многократно в ходе программы, первоначально – на стадии разработки концепта продукта и определения программы. Используются взвешенные и вероятностные оценки, позволяющие задавать различный уровень доверия. Оценки должны включать полный набор затрат на всем жизненном цикле в парадигме Total Cost of Ownership;
- б) разработка и принятие модели финансирования программы предполагает определение источников финансирования и способов управления финансированием. Основная цель этого действия – обеспечить закрытие финансового разрыва между необходимыми затратами на разработку производства с одной стороны и поступлениями от реализации продукта программы;
- в) разработка плана финансового управления предполагает определение и документирование расписания финансирования и основных контрольных точек; начальные бюджеты компонентов программы; расписание платежей по договорам; фиксирование процедур финансовой отчетности и соответствующих показателей. Финансовый план включает также учет резервов на различные риски, потенциальные проблемы с платежами и денежным потоком, ин-

- фляцию, волатильность курсов валют и стоимостей сырья и материалов, местные налоги, штрафы и так далее;
- г) оценивание затрат компонентов программы выполняется многократно до начала реализации каждого из компонентов, что связано с высокой неопределенностью программы в целом. Чем ближе по срокам оценка затрат к завершению компонента, тем оценка точнее;
- д) разработка бюджета программы заключается в компилировании всей имеющейся финансовой информации, формировании расписания доходов и расходов с детальностью, достаточной для последующего контроля исполнения бюджета. Большинство затрат программы ассоциировано с компонентами, отдельные затраты представляют накладные расходы программы.
- е) оперативный учет и контроль затрат программы в разрезе компонентов является одним из наиболее важных направлений управления ЖЦ, оно включает:
- учет и документирование затрат и поступлений;
  - определение факторов, вызывающих изменения актуального бюджета;
  - управление изменениями, когда они происходят;
  - отслеживание перераспределения затрат против результатов между компонентами программы;
  - отслеживание договорных затрат для подтверждения их соответствия договорам;
  - отслеживание объемов создаваемых результатов против понесенных затрат в парадигме Earned Value Management;
  - выявления влияния перевыполнений и невыполнений работ на ход программы;
  - формирование адекватной оперативной отчетности и её своевременное распространение.
- ж) оперативное и регулярное прогнозирование финансовых результатов этапов компонентов программы также является важнейшей задачей, необходимой для реализации проактивного управления, оно включает:
- прогнозирование затрат и поступлений;

- отслеживание внешних факторов, могущих вызвать возможные изменения;
  - управление изменениями, когда они происходят;
  - отслеживание перераспределения затрат против результатов между компонентами программы;
  - отслеживание договорных затрат для подтверждения их соответствия договорам;
  - отслеживание объемов создаваемых результатов против понесенных затрат в парадигме Earned Value Management;
  - выявления влияния перевыполнений и невыполнений работ на ход программы;
  - формирование адекватной прогнозной отчетности и её своевременное распространение.
- з) закрытие программы и формирование итогового финансового результата является финальным действием, завершающим программу.

### ***Управление принятием решений***

Цель процесса заключается в обеспечении обоснованности принимаемых решений как выбор из существующих альтернатив наиболее предпочтительного направления действий [6]. Альтернативные действия анализируются, и выбирается направление действий. Решения и их обоснование документируются для поддержки принятия решений в будущем. При принятии решений осуществляются следующие действия:

- определение стратегии принятия решений;
- привлечение заинтересованных сторон к принятию решений для использования их опыта и знаний;
- установление всех обстоятельств и необходимости принятия решений;
- выбор и объявление стратегии принятия решений для каждой ситуации принятия решения;
- определение желаемых результатов и критериев успешного разрешения проблемы;



- оценивание баланса последствий альтернативных действий;
- документирование, отслеживание, оценивание и информирование о результатах принятия решения для подтверждения эффективности решения проблем, устранения отрицательных тенденций и получения возможных преимуществ;
- ведение и хранение записей о проблемах и возможностях их решения способом, который позволяет проводить аудит и изучать полученный опыт.

### ***Управление рисками***

Цель процесса управления рисками [6] заключается в снижении последствий отрицательного воздействия вероятных событий, которые могут явиться причиной изменений качества, затрат, сроков или ухудшения технических характеристик. В ходе данного процесса проводится определение, оценка, обработка и мониторинг рисков, возникающих в течение полного жизненного цикла, а также вырабатывается реакция на каждый риск в терминах реализации соответствующих мер противодействия риску или его принятия. В процессе управления рисками осуществляются следующие действия:

- утверждение систематического подхода к определению рисков, их оценке и обработке;
- регулярная идентификация и определение рисков;
- оценивание вероятностей событий, связанных с рисками;
- оценивание рисков в терминах их возможных последствий;
- определение градаций рисков по их вероятности и последствиям;
- определение стратегии реакции на риски;
- установление допустимых границ для каждого идентифицированного риска;
- формирование действия по обработке рисков в случае превышения ими допустимых границ;

- информирование о мерах по обработке рисков и их статусе;
- учет рисков в течение всего жизненного цикла.

### ***Управление документами и данными***

Целью управления документами и данными является обеспечение всех участников необходимыми актуальными, целостными, достоверными и аутентичными документами и данными на протяжении всего их жизненного цикла, от создания данных либо документа до их уничтожения. Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

- определение видов и типов документов и данных, подлежащих управлению;
- управление жизненным циклом документа;
- классификация документов и данных;
- управление хранением документов и данных;
- определение требований к форматам хранения документов и данных;
- обеспечение сохранности документов и данных;
- управление доступом к документам и данным;
- регистрация;
- обеспечение качественных характеристик документов и данных;
- обеспечение коллективной работы с документами и данными (в том числе параллельного инжиниринга).

### ***Управление требованиями***

Главной целью управления требованиями является обеспечение соответствия конечного продукта потребностям заинтересованных лиц, национальным и международным нормативным документам и другим источникам требований. Процесс управления требованиями решает следующие задачи:

- выявление и фиксация требований;
- верификация и валидация требований;
- документирование и утверждение требований;

- верификация проектных решений и документов на соответствие требованиям;
- управление изменениями требований.

Процесс управления требованиями позволяет повысить качество требований, в том числе их достоверность и полноту, тем самым, снизить количество изменений на всех стадиях жизненного цикла продукта.

### ***Управление конфигурацией, включая управление изменениями***

Под конфигурацией продукта понимается иерархическая структура, состоящая из описаний компонентов продукта с указанием их входимости и связанных с ними документов и данных, определяющих их конструкцию, процессы изготовления/сооружения и эксплуатации. Управление конфигурацией необходимо для:

- обеспечения всех участников проекта актуальной и достоверной информацией о продукте на всех стадиях его жизненного цикла;
- внедрения технологий параллельного инжиниринга;
- обеспечения доступа всех заинтересованных сторон к истории изменений продукта, а также к отвергнутым альтернативным вариантам технических решений.

Основной целью управления изменениями является формализация процедур разработки базовых конфигураций продукта. Базовые конфигурации продукта формируются только из утвержденных документов и данных прошедших процедуру управления изменениями.

Для достижения поставленной цели в процессе управления изменениями необходимо обеспечить:

- своевременное выявление и оценку последствий потенциальных изменений конфигурации продукта, данных и документов на всех стадиях жизненного цикла;
- проведение необходимых изменений конфигурации продукта, данных и документов в соответствии с действующими нормативными документами;

- обеспечение идентификации и прослеживаемости всех проводимых изменений конфигураций с сопутствующими данными и документацией на всех стадиях жизненного цикла продукта.

## 7. Архитектурные представления системно-экономического архитектурного шаблона

Рассмотрим архитектурные представления шаблона и опишем классы моделей, из которых они состоят.

### Представление «Процессы и функции»

Методической основой для разработки данного представления являются требования стандарта ISO/IEC 15288 [6], в качестве инструмента разработки целесообразно использовать программный продукт ARIS производства компании IDS Scheer. Модели данного представления позволяют зафиксировать стадии жизненного цикла и описать процессы, выполняемые на этих стадиях. В состав представления входят:

- класс моделей «Жизненный цикл» (КМ\_ЖЦ);
- класс моделей «Функции ЖЦ» (КМ\_ФЖЦ);
- класс моделей «Процессы» (КМ\_Пр).

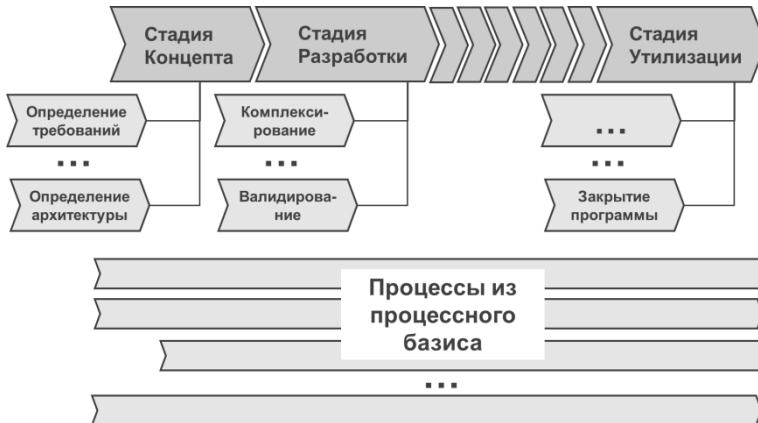


Рис. 8. Пример класса моделей «Жизненный цикл»

Модели класса «Жизненный цикл» содержат верхнеуровневое функциональное описание: стадии жизненного цикла, а также процессы верхнего уровня, в том числе «сквозные», выполняемые на всем ЖЦ. Их выявление выполняется путем сбора и последующего анализа существенных результатов (данных, документов и продуктов), возникающих в ходе жизненного цикла конечного продукта. В качестве графической нотации для данного класса моделей целесообразно использовать диаграммы типа Value-Added Chain, пример такой диаграммы приведен на рис. 8.

Детализация функционального описания выполняется с помощью моделей класса «Функции ЖЦ», которые уточняют КМ\_ЖЦ путем перечисления основных функций, выполняемых участниками кооперации на стадиях ЖЦ. Класс моделей «Функции ЖЦ» служит промежуточным функциональным описанием между КМ\_ЖЦ и КМ\_Пр и предназначен в первую очередь для компактного укрупненного описания функциональности в рамках одной диаграммы. Возможный вариант нотации данного класса моделей достаточно прост. Фрагмент примера данного класса моделей, использованный в работе [3], приведен на рис. 9.

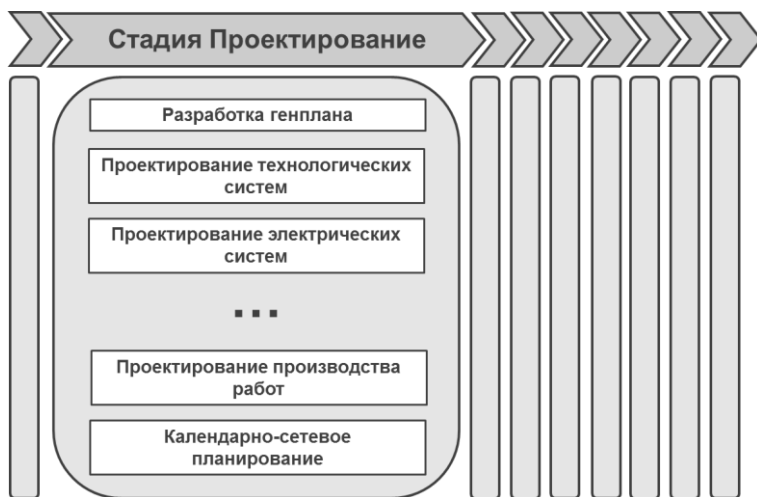


Рис. 9. Пример класса моделей «Функции ЖЦ»

Дальнейшая детализация функциональной архитектуры системы выполняется путем разработки моделей класса «Процессы» – диаграмм процессов первого, второго и третьего уровня. В отличие от КМ\_ФЖЦ, КМ\_Пр более детально описывает процессы жизненного цикла и содержит не только наименование, но и характеристики и атрибуты функций (исполнители, входные и выходные данные, используемые информационные системы и т.д.), а также взаимосвязи между ними. Для разработки диаграммы процессов первого уровня целесообразно использовать тип диаграммы ARIS – EPC-Row, для второго и третьего уровня – EPC.

КМ\_ФЖЦ и КМ\_Пр разрабатываются в ARIS как связанная база данных, в которой каждый элемент – информационная система, документ либо исполнитель функции – заносится в справочник базы данных один раз и используется там, где он необходим. Данный подход значительно облегчает проведение анализа процессов, так как позволяет выполнять запросы и строить отчеты на основе базы данных.

Разработка конкретных моделей ФЖЦ и Пр в ходе разработки системы управления ЖЦ на основе шаблона выполняется итерационно при тесном взаимодействии со всеми участниками кооперации.

### ***Представление «Кооперация – организационная структура»***

Наличие многих предприятий-исполнителей в составе расширенного предприятия требует отдельного описания оргструктуры кооперации, для этого используется представление «Кооперация – организационная структура» (из единственного одноименного класса моделей). Оно специфицирует административную и ролевую структуру совокупности предприятий, участвующих в жизненном цикле конечного продукта. Пример диаграммы моделей данного класса для примера [21] приведен на рис. 10.

Важно отметить, что это представление тесно связано с представлением «Функции и процессы», и эта связь отражает распределение процессов и активностей процессов на исполняющие предприятия. Элементы модели организационной

структуры кооперации используются при разработке моделей классов ФЖЦ и Пр для указания ответственного за выполнения функции.

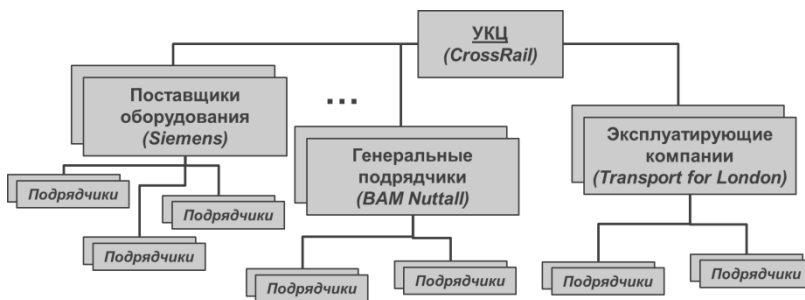


Рис. 10. Пример класса моделей  
«Кооперация – организационная структура»

### Представление «Проектная программа жизненного цикла»

Целью данного представления является отражение основных сущностей проектной программы. Эти сущности группируются вокруг двух связанных друг с другом структур – структуры компонентов программы и структуры рисков программы, поэтому представление Проектная программа состоит из:

- Класса моделей «Структура компонентов программы», который содержит перечень проектов и других работ программы, целевые индикаторы, контрольные точки и ворота принятия решений в требуемой последовательности и с взаимозависимостями. По всем элементам модели определены сроки, исполнители, описания результатов, бюджеты. Для отображения «Структуры компонентов программы» могут использоваться диаграммы Ганта или другие форматы, отражающие временную логику компонентов программы с ассоциированными описаниями компонентов (рис. 11).
- Класса моделей «Структура рисков программы», содержащего перечень рисков программы. По всем рискам зафиксированы вероятности событий, вызывающих риск, оценки рисков по степени последствий, описание или ссылки на мероприятия по управлению рисками.

«Структура рисков программы» может описываться в нотации таблицы, где каждая строка соответствует риску, а столбцы – атрибутам (вероятностям, оценкам последствий и тд).

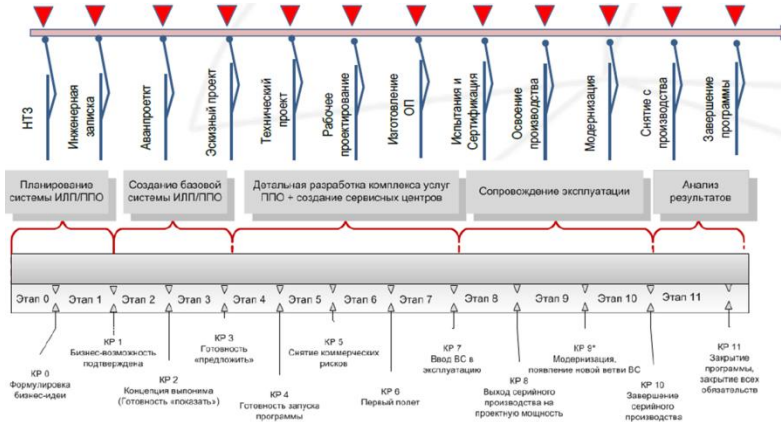


Рис. 11. Пример класса моделей «Структура компонентов программы»

### Представление «Основные данные информационной модели»

Разработка и сопровождение сложных изделий, объектов, систем, продуктов характеризуются наличием данных различной природы, и практически все они упорядочены в виде нескольких иерархических структур. Виды основных данных одинаковы для продуктов различных индустрий, для каждого из видов сформируем модель соответствующего класса:

- класс моделей «Структура требований», содержащий иерархию требований к конечному продукту от самых общих до самых детальных;
- класс моделей «Структуры продукта». Это синтетический класс моделей, содержащий модели – структуры различного назначения: функциональная структура, технологическая, эксплуатационная, сервисная или ремонтная, учетная (бухгалтерская) и др.



- класс моделей «Структура документов», содержащий структуру комплекта документации, передаваемой заказчику;
- класс моделей «Структура 3D», содержащий иерархию компонентов продукта и их конструктивных элементов;
- класс моделей «Структура работ», содержащий структуру работ по проектированию, технологической подготовке производства, производству, сопровождению продукта.

С элементами каждой из структур связаны данные и документы полностью описывающие элементы (требования, технологические системы и т.д.), эти данные и документы связаны с КМ\_Пр, где они являются входными либо выходными данными функций процессов. Таким образом, совокупность моделей этих классов, иерархических структур содержит полный набор данных о конечном продукте, иерархическое представление моделей данных (пример – на рис. 12), в отличие от традиционных (IDEF0 и т.д.) легко интерпретируется разработчиками и пользователями.

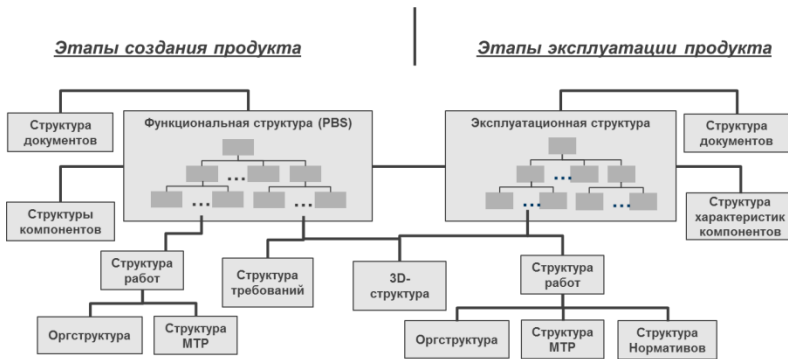


Рис. 12. Пример представления «Основные данные»

### Представление «Финансы и экономика жизненного цикла»

Для выполнения всех необходимых финансово-экономических функций управления ЖЦ данное представление должно включать следующие классы моделей:

- класс моделей «Учетные модели ЖЦ», содержащий описание методических материалов управленческого учета (правил, политик, процедур, планов счетов) в разрезе всех необходимых аналитик – стадий и этапов ЖЦ, предприятий-элементов кооперации, элементов конечного продукта и т.д. Адекватным форматом для данного класса моделей является свободно-текстовый, в котором обычно создаются методические материалы учета.
- класс моделей прогнозирования финансово-экономических результатов отдельных стадий ЖЦ и ЖЦ в целом, описывающих математические модели прогнозирования также в свободно-текстовом формате с использованием математических формул и необходимых диаграмм свободного формата.

Данное представление сильно связано с большинством представлений – и с «Процессами и функциями», и с «Кооперацией», и с «Проектной программой», и с другими – так как оно интегрирует финансово-экономические аспекты и связи «Программного треугольника ЖЦ» (рис. 2) – сложной системы, состоящей из систем.

### ***Представление «Комплекс моделирования функциональных и других свойств конечного продукта»***

Комплекс моделирования предназначен для проведения разнородных вычислительных экспериментов с конечным продуктом – прогнозирования его свойств и поведения в различных условиях, исследования технологий его создания, технико-экономического анализа на всем жизненном цикле. В силу необходимости моделировать практически все свойства продукта, а также технологии его производства и внешней среды, комплекс моделирования является не менее сложной системой, чем сам продукт. Поэтому данное представление состоит из достаточно большого количества моделей.

- Класс моделей «Место комплекса моделирования в кооперации». Комплекс моделирования, с одной стороны, должен аккумулировать расчетные модели (в виде методик, данных и программ), разрабатываемые одними

предприятиями, а с другой – предоставлять возможности выполнения расчетных экспериментов другим предприятиям. Поэтому необходим соответствующий класс моделей «Место комплекса моделирования в кооперации», и используемым для этого класса моделей форматом может быть диаграмма свободного формата (рис. 13) или таблица, или текстовое описание.



Рис. 13. Пример класса моделей «Место комплекса моделирования в кооперации»

- Класс моделей «Функциональное, технологическое и другое моделирование (в том числе финансово-экономическое) конечного продукта» включает различные расчетные модели, описывающие все аспекты продукта на всех стадиях ЖЦ. В зависимости от индустрии и специфики продукта набор конкретных расчетных моделей варьируется. Адекватным форматом архитектурного представления является свободный текст или таблица (или ER-диаграмма) с наименованиями расчетных моделей, описанием входных и выходных данных, основных методов моделирования и специфических особенностей моделей. Связи расчетных моделей друг с другом описываются функциональной и другими структурами конечного продукта, содержащимися в соответствующем классе моделей архитектурного представления «Основные данные информационной модели».
- Класс моделей «Система управления моделированием». Описывает одноименную систему – состав её компонентов и связи между ними; вопросы организации взаимо-

действия пользователей и согласования работы всех модулей системы; управление виртуальными экспериментами, процессами имитационного моделирования и оптимизации проектирования; верификацию и валидацию данных, полученных в результате моделирования; визуализацию данных, полученных в результате моделирования. Для описания данного класса моделей пригодны диаграммы свободного формата, например, рис. 14.



Рис. 14. Пример класса моделей «Система управления моделированием»

### Представление «Информационные системы»

Представление описывает архитектуру информационно-технологических систем с точки зрения состава входящих в нее программных платформ, требований к ним, а также интеграции между ними. В состав группы входят следующие классы моделей:

- класс моделей «Программные системы» (КМ\_ПС);
- класс моделей «Требования к настройкам программных платформ и интеграционным связям» (КМ\_ИТ-Тр).

Исходной информацией для построения КМ\_ПС является представление «Процессы и функции», которое содержит информацию об информационных системах, используемых для

поддержки и выполнения различных функций процессов. Кроме того, информационные потоки служат исходной информацией для разработки взаимосвязи приложений между собой. С графической точки зрения КМ\_ПС оформляется в виде одной или нескольких схем, основой для КМ\_ПС служит диаграмма КМ\_ФЖЦ, на которой изображаются информационные системы, используемые для выполнения функций, и связи между ними. На рис. 15 приведен пример модели класса ПС для стадий проектирования и конструирования продукта, аналогичные диаграммы должны быть подготовлены для всех стадий ЖЦ.

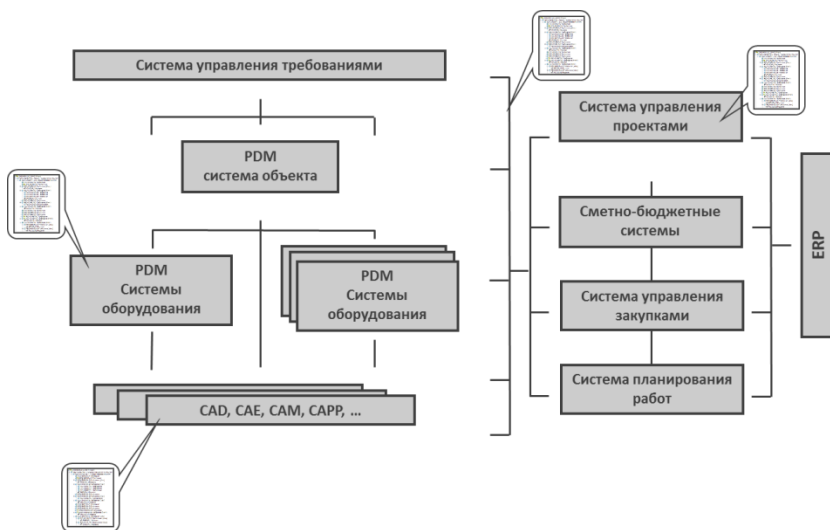


Рис. 15. Пример класса моделей «Информационные системы»

Класс моделей требований содержит детальные требования к настройке программных платформ и интеграционным решениям (состав и направление передаваемых документов и данных и т.д.), полученные путем анализа и генерации отчетов из представления «Процессы и функции». Класс моделей требования оформляется в виде текстового описания и служит основой для планирования состава проектов по внедрению платформ и реализации интеграционных решений.

## **8. Заключение**

Популярность технологий управления жизненным циклом в последние десятилетия объясняется существенным ростом значения информационной, интеллектуальной, составляющей производства и экономики в целом, роли данных о продукте, значимости операций по их созданию и изменению в ходе ЖЦ продукта.

Увеличение роли информационного компонента по сравнению с вещественным привело вместе с развитием информационных технологий к появлению новых возможностей в области организации и управления экономикой и производством. Информационные модели конечных продуктов, проектов и проектных программ, производственных коопераций стали широко использоваться для эффективного принятия решений.

Исследования в сфере управления ЖЦ традиционно уделяют внимание самому продукту, его ЖЦ и процессам управления, а субъект управления всегда замалчивается, этим субъектом является расширенное предприятие, поддерживающее жизненный цикл.

В статье изложен взгляд на управление жизненным циклом продукта (системы, объекта, сервиса) через управление таким предприятием. Проведен анализ современных тенденций в управлении производством вообще. Управление расширенным предприятием (кооперацией) рассмотрено с системно-инженерной и экономической точек зрения. Выявлены существенные особенности РПЖЦ по сравнению с предприятиями-фирмами. Определено, что основными объектами управления на уровне ЖЦ являются кооперация предприятий-участников, проектная программа и полная информационная модель конечного продукта, составляющие сложную систему, состоящую из систем. На основе выполненного анализа предложен оригинальный системно-экономический архитектурный шаблон (Systems-Economics Architecture Framework) для построения системы управления РПЖЦ. Шаблон включает процессный базис и множество архитектурных представлений, описывающих систему управления ЖЦ с различных точек зрения. Составные части шаблона отвечают потребностям заинтересованных лиц, акку-

мулируют лучшие практики управления и являются минимально необходимыми для эффективного управления ЖЦ.

В рамках шаблона предложены способы внедрения проактивного управления ЖЦ в логике «сценарий-прогноз против плана» вместо «факт против плана». Рассмотрены вопросы эффективности системы управления РПЖЦ.

В ходе анализа современных практик управления ЖЦ сложных изделий, объектов и систем использованы три примера из разных индустрий: аэрокосмической – Boeing SA [22], капитальной – CrossRail [21] и информационных технологий – IBS [26]. Эти компании занимаются производством и обеспечением жизненных циклов сложных технических изделий, объектов и систем и являются лидерами в своих областях.

Большинство выводов и результатов, полученных в статье применительно к управлению ЖЦ конечного продукта (изделия, системы, объекта, сервиса), могут быть распространены на управление жизненным циклом фирмы, бизнеса, различных социальных систем. Действительно, управление ЖЦ социально-политических систем осуществляется также в логике выполнения проектных программ, информационные модели также играют существенную роль, и для реализации программ создаются развитые кооперации, состоящие из множества взаимодействующих друг с другом предприятий-систем. И в этих случаях актуальным является «Программный треугольник ЖЦ» (рис. 2), описывающий основные объекты управления, и контур управления (рис. 4), также ресурсами являются информационные, финансовые и временные. В качестве примера можно привести трансформацию бизнеса компании IBS, выполненную в начале 2000-х годов [14]. В ходе трансформации успешно применялись многие из описанных принципов и подходов с учетом того, что современная фирма в большинстве случаев представляет собой систему, состоящую из систем. Интересная особенность жизненных циклов таких систем заключается в том, что фирма, бизнес или социальная система является одновременно и ключевым элементом кооперации, и объектом, и субъектом проектной программы и ЖЦ. Упомянутые факторы расширяют сферу применения системно-экономического архитектурного шаблона, например, для случаев управления трансформацией фирмы или развитием регионов –

управления жизненным циклом сложных систем, состоящих из систем.

### Литература

1. БЕЛОВ М.В. *Перспективные технологии организации и управления производством* / Новые производственные технологии: публичный аналитический доклад. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 272 с.
2. БЕЛОВ М.В. *Организация современной производственной программы и управление ею: состояние и тенденции развития* // Управление проектами и программами. – 2015. – №2(42). – С. 86–99.
3. БЕЛОВ М.В., КРОШИЛИН А.Е., РЕПИН В.М. *Информационно-технологическая среда управления жизненным циклом энергоблока проекта ВВЭР-ТОИ Госкорпорации «РОСАТОМ»* // Инновационное проектирование. – Н.Новгород: НИАЭП, 2011. – С. 176–193
4. ВУМЕК Д.П., ДЖОНС Д.Т. *Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании*. – М.: «Альпина Паблишер», 2011. – 472 с.
5. *ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения*. Дата введения 01.01.1992
6. *ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем*. Дата введения 29.12.2005
7. МАКАРОВ О.В. *Авианосец Queen Elisabeth: королева глобальной политики* // Популярная механика – февраль 2015 – №2 (148). – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.popmech.ru/weapon/55447-koroleva-globalnoy-politiki/#full> (дата обращения: 15.04.2015).
8. *Механизмы управления: Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль: Учебное пособие* – под. Ред. Д.А.Новикова Изд.2-е, перераб. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – 216 с.



9. МИНЦБЕРГ Г. *Структура в кулаке: создание эффективной организации* / Пер. с англ. под ред. Ю.Н. Каптуревского. – СПб.: Питер, 2004. – 512 с.
10. НОВИКОВ Д.А., *Теория управления организационными системами*. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2012. – 604 с.
11. *Платформа (автомобиль)*. – [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0\\_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C) (дата обращения 30.07.2015.)
12. *Подсчитана себестоимость iPhone 5c и iPhone 5s*. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://hi-tech.mail.ru/news/iphone-5c-5s-cost.html> (дата обращения 30.07.2015.)
13. *Проблемы и перспективы автокомпонентной отрасли* – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.abiz.ru/ru/2/20/434/?nid=29&a=entry.show> (дата обращения: 20.03.2015).
14. BELOV M. IBS Group, Eastern European IT Services: Capability-Based Development for Business Transformation. in Case Studies in System of Systems, Enterprises, and Complex Systems Engineering, Gorod, A., B. White, V. Ireland, J. Gandhi, and B. Sauser. (ed.) New York, NY: CRC Press, Taylor & Francis. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.taylorandfrancis.com/books/details/9781466502390/> (дата обращения 30.07.2015.)
15. BELOV M. *How We Engineer Enterprise Systems* // INCOSE Italian Chapter Conference on Systems Engineering (CIISE2014) Proceedings, Rome, Italy, November 24–25, 2014. – [Электронный ресурс] – URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1300/ID13.pdf> (дата обращения 30.07.2015.)
16. *Boeing 787 Dreamliner* – [Электронный ресурс] – URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_787\\_Dreamliner](http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_787_Dreamliner) (дата обращения: 20.03.2015).
17. BULLINGER T. *The Industrial Internet*. May 16, 2013, INCOSE – [Электронный ресурс] – URL: <http://oldsite.incose.org/flc/EVENTS/Documentation/Industrial%20Internet.pdf> (дата обращения 30.07.2015.)

18. *Business Innovation in Virtual Enterprise Environments*. – [Электронный ресурс] – URL: <http://bivee.eu/the-project/> (дата обращения 30.07.2015.)
19. *CMMI® for Development*, Version 1.3. CMU/SEI-2010-TR-033. ESC-TR-2010-033
20. *Crossrail* – [Электронный ресурс] – URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Crossrail#Management\\_and\\_franchise](http://en.wikipedia.org/wiki/Crossrail#Management_and_franchise) (дата обращения: 20.03.2015).
21. *Crossrail in numbers* – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.crossrail.co.uk/benefits/crossrail-in-numbers> (дата обращения: 20.03.2015).
22. *Demand for aviation personnel a key theme at oshkosh 2015* – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.boeing.com/commercial/> (дата обращения: 20.03.2015).
23. *Enterprise Definition* – [Электронный ресурс] – URL: [http://sebokwiki.org/wiki/Enterprise\\_\(glossary\)](http://sebokwiki.org/wiki/Enterprise_(glossary)) (дата обращения 30.07.2015.)
24. *Global Product Development*. A PTC Solution. August 2014 CIMdata, Inc. – [Электронный ресурс] – URL: [http://www.ptc.com/File%20Library/Product%20Families/Windchill/CIMdata\\_PTC\\_GPD.pdf](http://www.ptc.com/File%20Library/Product%20Families/Windchill/CIMdata_PTC_GPD.pdf) (дата обращения 30.07.2015.)
25. *Guidebook for Project and Program Management for Enterprise Innovation*. Project Management association of Japan. 2005. – [Электронный ресурс] – URL: [http://www.pmaj.or.jp/ENG/P2M\\_Download/P2MGuidebookVolume2\\_060112.pdf](http://www.pmaj.or.jp/ENG/P2M_Download/P2MGuidebookVolume2_060112.pdf) (дата обращения 30.07.2015.)
26. *IBS* – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ibs.ru/> (дата обращения: 20.03.2015).
27. *Industrial Internet by Jon Bruner* 2013 O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472 USA
28. ISO/IEC FDIS 42010
29. *ManuCloud: The next-generation Manufacturing as a service (MaaS) environment*. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.manucloud-project.eu/index.php?id=233> (дата обращения: 20.03.2015)
30. *Manufacturing-as-a-Service: Are We There Yet? Almost*. Stephanie Neil ©2014 Manufacturing Transformation Blog. – [Элек-

- тронный ресурс] – URL:  
<http://www.aprison.com/blog/2013/06/manufacturing-as-a-service-are-we-there-yet-almost/> (дата обращения: 20.03.2015)
31. *Optimization of machine integration*. Supported by ODVA, OPC Foundation and Sercos International. ©2011-2012 ODVA, Inc. – [Электронный ресурс] – URL:  
[http://www.automation.com/pdf\\_articles/odva/ODVAOptimizationofMachineIntegration.pdf](http://www.automation.com/pdf_articles/odva/ODVAOptimizationofMachineIntegration.pdf) (дата обращения: 20.03.2015)
  32. *Plant Life Management for Long Term Operation of Light Water Reactors* – [Электронный ресурс] – URL: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/7391/Plant-Life-Management-for-Long-Term-Operation-of-Light-Water-Reactors> (дата обращения: 20.03.2015)
  33. PMBOK® Guide. Newtown Square: Project Management Institute, 2013
  34. *Product Lifecycle Management (PLM) Definition*. – [Электронный ресурс] – URL:  
<http://www.cimdata.com/en/resources/about-plm> (дата обращения: 20.03.2015)
  35. *Project of the Future: Industry 4.0*, Ministry of Education and Research, Germany – [Электронный ресурс] – URL:  
<http://www.bmbf.de/en/19955.php> (дата обращения: 20.03.2015)
  36. *Rolling Budgets*. Kaplan Financial Knowledge Bank. – [Электронный ресурс] – URL:  
<http://kfknowledgebank.kaplan.co.uk/KFKB/Wiki%20Pages/Rolling%20Budgets.aspx> (дата обращения: 20.03.2015)
  37. SHARON A., DORI D. *Integrating the Project with the Product for Applied Systems Engineering Management* // Proceedings of 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing. Bucharest, Romania, May 23–25, 2012. – P. 1153–1158.
  38. SHARON A., PERELMAN V., DORI D. *A project-product lifecycle management approach for improved systems engineering practices*. // Proceedings of the INCOSE 18th Annual International Symposium, 6th Biennial European Systems Engineering Conference. Utrecht, the Netherlands. June 15–19, 2008. – P. 942–957.

39. *SMLC Forum: Priorities, Infrastructure, and Collaboration for Implementation of Smart Manufacturing*, Workshop Summary Report held in Washington, D.C. on October, 2012.
40. *Systems of Systems Definition* – [Электронный ресурс] – URL: [http://sebokwiki.org/wiki/System\\_of\\_Systems\\_\(SoS\)\\_glossary](http://sebokwiki.org/wiki/System_of_Systems_(SoS)_glossary) (дата обращения: 20.03.2015)
41. *The Standard for Program Management* – Third Edition. 2013, Project Management Institute. – 176 p.
42. *Total Cost Management Framework*. AACER® International. 2012, CreateSpace
43. *Why an alliance?* – Air Warfare Destroyer Alliance. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.ausawd.com/content.aspx?p=98> (дата обращения: 20.03.2015)

## SYSTEMS ENGINEERING AND ECONOMICAL ASPECTS OF LIFWCYCLE MANAGEMENT

**Mikhail Belov**, IBS, Moscow, Cand.Sc., Deputy CEO  
(mbelov@ibs.ru).

*Abstract: The paper presents the concept of lifecycle management from the point of view of management in the extended enterprise which supports product (system, plant) lifecycle. Extended enterprise management studies are based on systems engineering and economics approaches. Three main objects of lifecycle management are defined: the cooperation of participated enterprises; project program and product (system, plant) information model. Efficiency of lifecycle management is studied. Original architectural systems-economic framework is developed based on the previous analysis. The notion of proactive management is proposed, which utilizes the control concept “scenario-forecast versus plan” instead of “actuals versus plan”.*

**Keywords:** lifecycle, extended enterprise, information model, “scenario-forecast versus plan” governing concept, enterprise architecture, architectural framework.

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

*Поступила в редакцию 23.04.2015.*

*Опубликована 31.07.2015.*