

Дисциплина «Автоматизация управления жизненным циклом продукции» и ее роль в техническом университете

Статья посвящена проектированию комплексной дисциплины «Автоматизация управления жизненным циклом продукции» в соответствии с компетентностным подходом и описанию ее роли в образовательном процессе технического университета

Ключевые слова: информационные технологии, жизненный цикл, управление жизненным циклом продукции (PLM), сложная техническая система, теория и методика обучения, PDM-система, модель изделия, виртуальная организация, единое информационное пространство.

THE DISCIPLINE «COMPUTER-BASED PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT» AND ITS ROLE IN TECHNICAL UNIVERSITY

The paper is devoted to the creation of complex discipline «Computer-based Product Lifecycle Management» in accordance to competency approach and specification of its role in education process for technical university

Keywords: Information Technologies, Lifecycle, Product Lifecycle Management, Complex Technical System, Education Theory and Technique, PDM-system, Product Model, Virtual Organization, Integrated Information Space.

1. Введение

Формирование *синергетических учебных организаций* [1], в частности, *сетевых (виртуальных) кафедр* в техническом университете [2], предполагает выделение ряда комплексных дисциплин, исходя из профиля кафедры. Ключевой задачей образовательного процесса на кафедре «Компьютерные системы автоматизации производства» (ПК-9) МГТУ им. Н.Э.Баумана является эффективная подготовка высококвалифицированных специалистов в области компьютерно-интегрированных производств. В этом плане на кафедре разработана базовая комплексная дисциплина «*Автоматизация управления жизненным циклом продукции*» [3–5], позволяющая объединить и увязать между собой знания студентов, полученные на протяжении обучения в университете. Также

эта дисциплина видится важным звеном для подготовки перспективного курса «*Инжиниринг предприятий*», направленного на формирование у студентов целостной картины создания предприятий нового поколения в результате инженерной деятельности [6, 7].

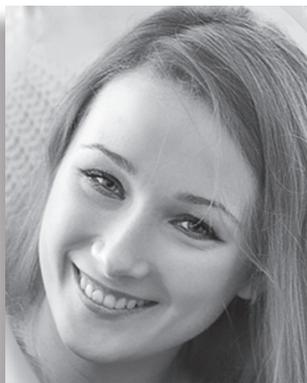
2. Дисциплина «Автоматизация управления жизненным циклом продукции»

Рассматриваемая дисциплина, предназначенная для обучения студентов выпускного курса бакалавриата, посвящена изучению вариантов построения и использования новых информационных технологий в *системе управления жизненным циклом продукции* Product Lifecycle Management (PLM). В основе концепции PLM лежат понятия единого информационного

пространства предприятия (сети предприятий) и интегрированной модели изделия. Последняя включает всю информацию, необходимую для описания изделия, как то: обозначение, структура, свойства, технология изготовления, условия внедрения и эксплуатации. Центральным звеном системы PLM является система управления данными об изделии PDM (Product Data Management) [3].

В курсе рассматриваются понятия и модели жизненных циклов (ЖЦ) [4,5,7], а также основные функции, которые системы PLM и PDM должны предоставлять пользователям:

- централизация инженерных данных: управление хранением данных и документами, управление процессами, управление структурой изделия, классификация изделий;
- визуализация и цифровая сборка;



Алена Валериевна Федотова,
к.т.н., доцент каф. РК-9
Тел.: (926)-596-53-59
Эл. почта: afedotova.bmstu@gmail.com
Московский государственный
технический университет им.
Н.Э.Баумана
www.bmstu.ru

Alena V. Fedotova,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor
Тел.: (926) 596-53-59
E-mail: afedotova.bmstu@gmail.com
Bauman Moscow State Technical
University
www.bmstu.ru



Валерий Борисович Тарасов,
к.т.н., доцент каф. РК-9
Тел.: (910)-479-60-56
Эл. почта: tarasov@rk9.bmstu.ru
Московский государственный
технический университет им.
Н.Э.Баумана
www.bmstu.ru

Valery B. Tarassov,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor
Тел.: (910)-479-60-56
E-mail: tarasov@rk9.bmstu.ru
Bauman Moscow State Technical
University
www.bmstu.ru

- управление изменениями в инженерных данных;
- обеспечение безопасности и прав доступа;
- управление проектами и портфелями;
- инжиниринг ЖЦ на основе его моделирования;
- управление требованиями к продукции и удовлетворение ограничений;
- информационная интеграция этапов ЖЦ;
- кросс-функциональные потоки работ;
- управление знаниями, циркулирующими на всем протяжении ЖЦ, онтологическое моделирование;
- поддержка многоагентных и сервис-ориентированных технологий;
- совершенствование совместной работы в распределенных командах;
- обеспечение обратных связи от более поздних этапов ЖЦ к более ранним.

3. Проектирование дисциплины в соответствии с компетентностным подходом

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по направлению подготовки 220700 Автоматизация технологических процессов и производств (квалификация (степень) «бакалавр») для овладения необходимыми общекультурными и профессиональными компетенциями (ОК-4, ОК-6, ОК-8, ОК-10, ОК-16, ОК-17, ОК-18, ОК-20, ПК-1, ПК-2, ПК-3–53) студент должен **знать** из дисциплины «Автоматизация управления жизненным циклом»:

- основные понятия, относящиеся к жизненному циклу продукции, этапы жизненного цикла продукции;
- основы автоматизации процессов жизненного цикла продукции;
- принципы и технологии управления конфигурацией, данными об изделии, функциональные возможности системы, управления данными об изделии;

– методики создания единого информационного пространства, внедрения высокоэффективных технологий на предприятиях.

Уметь:

- управлять с помощью конкретных программных систем этапами жизненного цикла продукции;
- использовать основные принципы автоматизированного управления жизненным циклом продукции и функционирования виртуального предприятия;
- иметь навыки применения методов анализа различных этапов жизненного цикла продукции и управления ими.

На базе анализа Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования [8] предложено разбить дисциплину по модульному принципу. В курсе предусмотрены лекции, семинары и лабораторные работы. Предполагается выполнение 1 домашнего задания и 3 рубежных контролей (по завершению каждого модуля).

В МГТУ им. Н.Э.Баумана на данную дисциплину выделено 72 часа, из них:

- Лекции (24 часа),
- Семинары (12 часов),
- Лабораторные работы (12 часов),
- 1 домашнее задание + самостоятельная работа (24 часа),
- 3 рубежных контроля (по завершению каждого модуля).

4. Структура лекционного курса

Дисциплина «Автоматизация управления ЖЦ продукции» содержит 3 модуля:

1. Жизненный цикл продукции (Product Lifecycle);
2. Управление жизненным циклом продукции (Product Lifecycle Management);
3. Системы управления жизненным циклом (PLM-системы).

3.1. Жизненный цикл продукции (Product Lifecycle): понятия, примеры, моделирование ЖЦ, инженерия ЖЦ.

Понятие «жизненный цикл» и модели ЖЦ для различных клас-

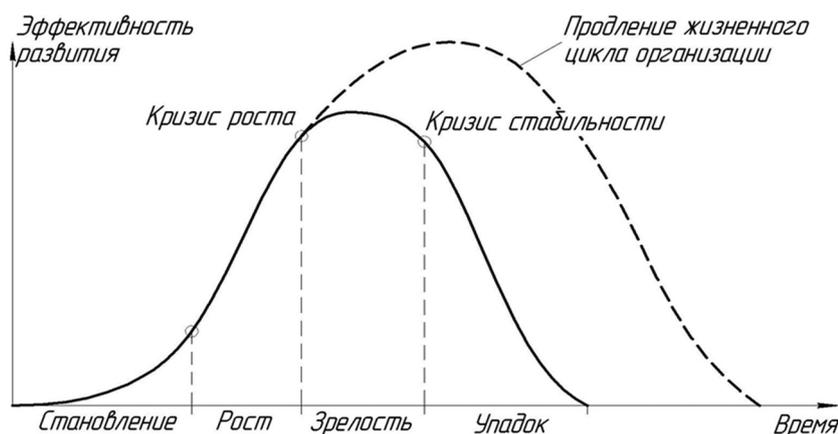


Рис. 1. Жизненный цикл организации и его продление

сов естественных и искусственных систем являются одними из важнейших объектов современной теории систем как междисциплинарной научной области [5,9]. В то же время различные по содержанию и структуре ЖЦ изучаются в конкретных научных областях. Так, например, в современном маркетинге одной из базовых концепций является представление о жизненном цикле товара. Соответственно, выделяют такие этапы ЖЦ товара как его выведение на рынок, этап роста, этап зрелости, этап спада и ухода с рынка. В случае с информационными системами ЖЦ программного обеспечения включает этапы планирования, анализа риска (требований), конструирования, оценки, внедрения и сопровождения. В данном модуле главное внимание уделяется жизненному циклу сложных технических систем в машиностроении, охватывающему стадии проектирования, производства и эксплуатации изделий. Отличительной особенностью нашего подхода является рассмотрение также жизненного цикла предприятия и путей его удлинения путем перехода на новые цели и стратегии, определяемые потребностями и возможностями внутренней и внешней среды. Следует отметить, что участие в организационных сетях и совместное использование ресурсов также позволяют продлить жизненный цикл организации (рис.1).

Необходимыми условиями эффективности управления ЖЦ являются его *инженерия* и *моделирование*. В конце XX-го–начале XXI-го века возникла концепция

инженерии жизненного цикла LE (Lifecycle Engineering) [10], которая предполагает широкое применение современных информационных и коммуникационных технологий при моделировании и интеграции его этапов. Следует отметить, что разработчиками и пользователями PLM-систем до сих пор уделяется недостаточное внимание вопросам моделирования и инженерии жизненного цикла.

Важной чертой преподавания данного модуля дисциплины в отличие от предыдущего курса является введение формальных представлений линейных, круговых, спиральных моделей жизненного цикла вместе с содержательным анализом соответствующих параметров. Приводятся онтологические модели ЖЦ [11] (рис.2). Излагаются варианты грануляции ЖЦ

(перехода на различные уровни детализации при его рассмотрении). В частности, связи между этапами ЖЦ описаны с помощью отношений логики Аллена и ее расширений [10].

Построение спиральных моделей ЖЦ позволяет соединить, на первый взгляд, противоречащие друг другу линейные и круговые модели. Здесь линейная модель времени выражает такие свойства времени как течение, направленность, необратимость, тогда как круговая модель делает акцент на итеративности и ритмичности процессов на протяжении ЖЦ.

Поскольку общие издержки по жизненному циклу сложной технической системы (СТС) в основном формируются на стадии проектирования, в последние два десятилетия появились и активно развиваются новые инженерные стратегии, принципы и правила, направленные на сокращение этих издержек. Это достигается путем предварительной проработки на начальных стадиях ЖЦ СТС (а именно, на этапах проектирования) важнейших аспектов ее производства и эксплуатации, обычно затрагиваемых только на более поздних стадиях жизненного цикла. Такие новые стратегии объединяются термином «Проектирование для X» (Design for X), где под X понимаются любые стадии и этапы ЖЦ, следующие за про-

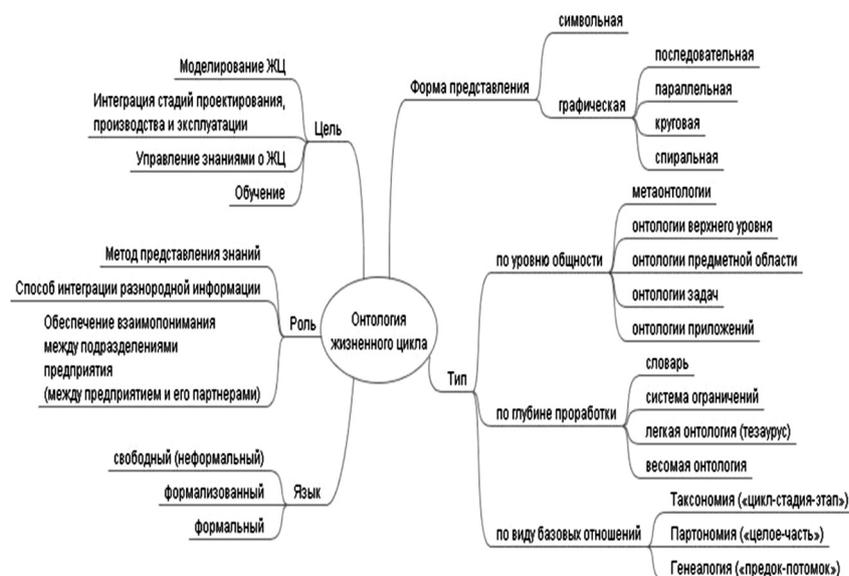


Рис. 2. Онтология жизненного цикла: представление в виде ментальной карты

ектированием. Например, «проектирование для производства» (Design for Manufacturing), «проектирование для сборки» (Design for Assembly) или «проектирование для рекуперации СТС» (Design for Recycling).

Среди этих стратегий важное место занимает «проектирование для технического обслуживания» (Design for Maintenance) – свод принципов и правил разработки СТС, направленных на обеспечение простоты ее техническое обслуживание и ремонта, а также уменьшение их стоимости. В качестве примеров правил «проектирования для ТО» можно привести следующие:

- Использовать стандартные, универсальные компоненты, так как они просты в обслуживании;
- Использовать крепежи, которые способствуют ускорению работ по ТО (в идеальной ситуации без использования инструментов для вскрытия или удаления компоненты);
- Свести к минимуму количество типов крепления;
- Избегать движущихся частей, и пр.

По сути, речь идет о проектировании эксплуатационной надежности будущей системы на начальных стадиях ее ЖЦ (рис. 3).

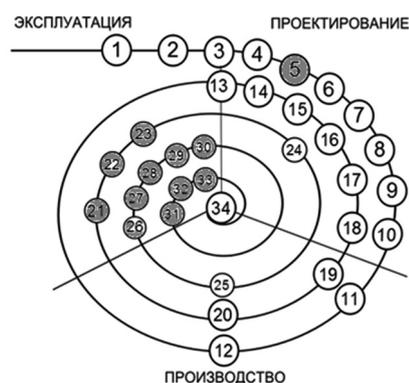


Рис. 3. Проектирование для технического обслуживания

Время – один из основных ресурсов управления ЖЦ. Отличительной особенностью ЖЦ является гетерохронность, связанная с различием временных требований и критериев на разных стадиях. На стадии проектирования стремятся сократить сроки проектирования

создаваемой системы, для чего может использоваться, например, стратегия совмещенного проектирования (Concurrent Design), но при этом также организуют проектирование DM (Design for Maintenance), направленное на облегчение технического обслуживания. На стадии эксплуатации стремятся увеличить период эксплуатации системы, за счет большей детализации ее этапов благодаря усовершенствованию системы ТОиР.

Главными аспектами *инженерии ЖЦ* выступают:

- 1) инженерия знаний и управление знаниями о ЖЦ, в частности, на основе наглядного представления его структуры,
- 2) оптимизация временных соотношений между этапами и стадиями ЖЦ СТС (например, сокращение сроков разработки и увеличение периода эксплуатации СТС);
- 3) учет и управление неопределенностями, возникающими на разных этапах ЖЦ, в частности, путем грануляции информации, циркулирующей на протяжении ЖЦ.

Здесь инженерия ЖЦ понимается как основа для интеграции различных процессов и структур на предприятии. В свою очередь, моделирование ЖЦ создает основу для выработки различных стратегий его управления.

3.2. Управление жизненным циклом продукции (Product Lifecycle Management): основные понятия, состав, интеллектуализация, виртуальное предприятие, единое информационное пространство.

В данном модуле главное внимание уделяется структурам управления ЖЦ продукции, путям их развития и интеллектуализации. Интеллектуализация систем управления ЖЦ достигается благодаря введению в систему управления ЖЦ дополнительных модулей управления знаниями, циркулирующими на всем протяжении ЖЦ, использованию подходов онтологического моделирования, многоагентных и сервис-ориентированных технологий (см. рис.3).

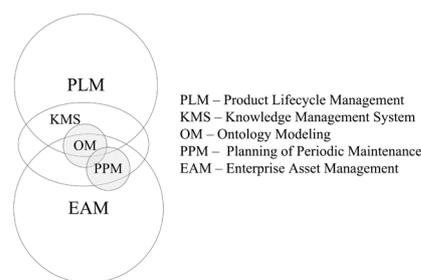


Рис. 4. Иллюстрация путей интеграции и интеллектуализации PLM-систем

Развитие общей концепции единого информационного пространства предприятий и создание удобных интернет-технологий обусловили появление специфической организационной формы выполнения масштабных проектов, связанных с разработкой, производством и эксплуатацией сложной продукции – «виртуального предприятия», которое объединяет цели и ресурсы предприятий и организаций, расположенных в различных местах, но связанных общими бизнес-процессами.

Среда виртуального предприятия

Согласно традиционным представлениям об управлении предприятием, процессы управления ограничиваются его внутренней средой. Внутреннее управление охватывает такие проблемы как управление ресурсами предприятия, финансовое управление, управление персоналом, управление сбытом и пр.

Однако в современную эпоху сетевой экономики в сферу внимания руководства компании и ответственности ее менеджеров начинает входить все, что как-либо влияет на производительность и конкурентоспособность – как внутри предприятия, так и за его пределами. Согласно К.Друкеру, появление «электронно-прозрачного» рынка, развитие электронного бизнеса означает выведение процессов управления за пределы предприятия, их перенос в виртуальную среду, основанную на веб-технологиях. Возникают задачи управления компонентами внешней микросреды предприятия, организации тесного взаимодействия компании с ее клиентами, поставщиками и партнерами.

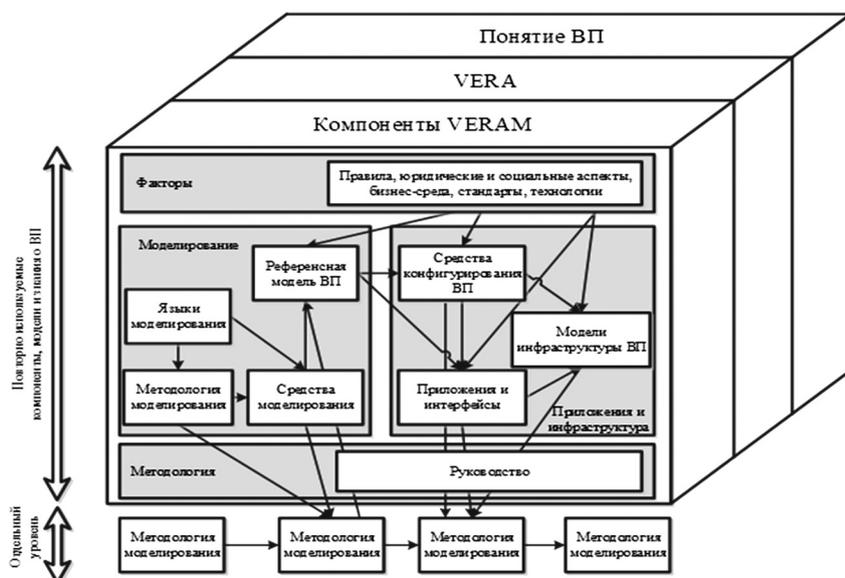


Рис. 5. Архитектура VERAM (Virtual Enterprise Reference Architecture and Model)

В данном модуле рассматривается микросреда виртуального предприятия и соответствующие информационные системы, а также архитектура VERAM (Virtual Enterprise Reference Architecture and Model [12] (рис.5) и цикл инноваций для виртуального предприятия (рис. 6).



Рис. 6. Цикл инноваций для виртуального предприятия

Слой Архитектуры VERAM:

Слой понятий охватывает основные понятия из области виртуального предприятия (ВП) и сети предприятий («деятельность», «процесс», «организация», «стратегия», «рынок»).

Сеть предприятий описывается как альянс предприятий, созданный для совместного использования возможностей бизнеса с помощью ВП. Главная цель сети предприятий состоит в установлении взаимных соглашений между участниками сети на основе общих стандартов, прав на интеллектуальную собственность и пр. Взаимосвязанные

между собой понятия, относящиеся к ВП, образуют онтологию ВП.

Архитектура VERA базируется на известной архитектуре GERA (Generic Enterprise Reference Architecture) и соответствующих понятиях, охватывая три основных класса моделей: 1) модели жизненного цикла, которые описывают этапы жизненного цикла каждой единицы ВП; 2) таксономические модели, которая включает родовой, видовой и специальный уровни; 3) контекст моделирования, который включает функции, информацию, организацию.

3.3. Системы управления жизненным циклом (PLM-системы)

В этом модуле ключевое положение занимает изучение существующих систем управления ЖЦ на примере конкретных систем управления ЖЦ, таких как Teamcenter Engineering, SAP PLM, Windchill.

Все функции на предприятии можно разделить на два вида: операционные и технические. Выполнение операционных функций обеспечивает ERP-система, а технических функций – PLM-система. Состав функций отражен на рис. 7.

Системы класса PLM позволяют осуществлять учет и отслеживать всю информацию о производимых продуктах/ изделиях; контролировать полный жизненный цикл продукции; управлять портфелем производимой продукции и обеспечивать ее гарантийной обслуживанием и сопровождение. На рис. 8 представлены высокоуровневые функции.

PLM-системы внедряют для:

- сокращения времени вывода на рынок новых продуктов и изделий;
- уменьшения расходов на разработку продуктов/изделий;
- повышения качества продукции;
- управления интеллектуальными активами компании по производимым продуктам/ изделиям;

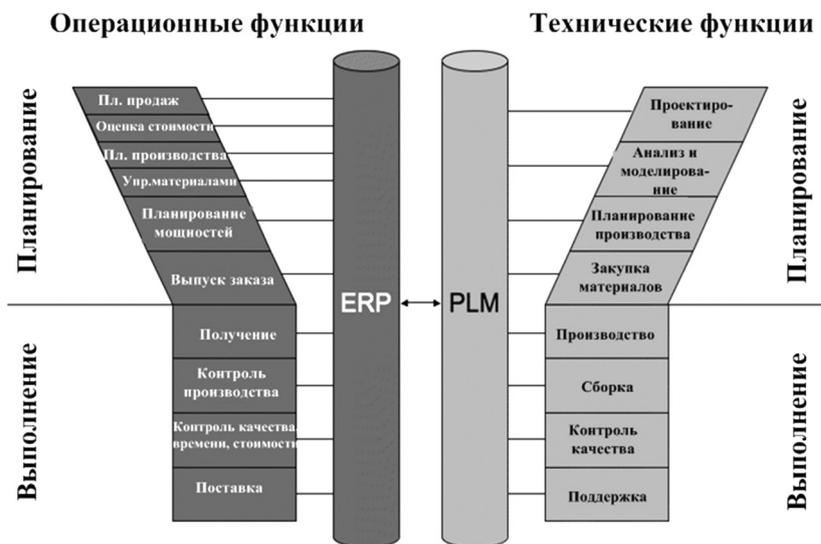


Рис. 7. Взаимосвязи системы управления жизненным циклом продукции PLM с системой планирования и управления ресурсами предприятия ERP



Рис. 8. Назначение PLM-систем

– повышения лояльности клиентов.

Также в данном модуле рассмотрены основные игроки на рынке PLM-систем и архитектура PLM-системы [13].

5. Структура практического курса

Практическая часть курса включает изучение модели изделия, систем управления данными об изделии (PDM) и выполнение лабораторных работ по построению модели изделия и внесению изменений в модель изделия. В МГТУ им. Н.Э. Баумана данные работы выполняются с помощью отечественной PDM-системы PSS (PDM STEP Suite), являющейся разработкой НИЦ «Прикладная логистика».

6. Домашнее задание

Предполагает подготовку студентами рефератов. В реферате необходимо представить одну из систем класса PLM или PDM. Реферат

должен включать: анализ функций рассматриваемой системы, область применения, архитектуру, преимущества и недостатки по сравнению с другими системами данного класса.

7. Заключение

В статье изложены основы комплексной дисциплины «Автоматизация управления жизненным циклом продукции» и показана ее системообразующая роль в инженерном образовании. В качестве особого авторского вклада в развитие представленной выше дисциплины следует отметить подробное освещение вопросов инженерии жизненных циклов на основе их моделирования, а также привлечение методов и средств искусственного интеллекта к решению задач управления ЖЦ.

Литература

1. Тарасов В.Б.. Синергетические организации в сетевой экономике знаний// Мир электронного обучения. – 2006. – № 4. – С. 68–76.
2. Емельянов В.В., Тарасов В.Б. Виртуальная кафедра в техническом университете// Дистанционное образование. – 2000. – № 6. – С. 39–45.
3. Колчин А.Ф., Стрекалов А.Ф., Овсянников М.В., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис, 2002.
4. Федотова А.В. Разработка моделей и методов управления: периодическими процессами технического обслуживания на авиаремонтном предприятии: автореф. дис. канд.техн.наук. – М.-Тв.: ТвГТУ, 2013. – 22 с.
5. Федотова А.В., Ветров А.Н., Тарасов В.Б. Грануляция информации при моделировании жизненного цикла сложных технических систем// Наукоедение. – 2013. – №5 (18) [Электронный ресурс]. – <http://naukovedenie.ru/PDF/53tvn513.pdf>.
6. Тельнов Ю.Ф. Эволюция парадигмы «Инжиниринг предприятий» // Инжиниринг предприятий и управление знаниями. Сборник научных трудов XVI-й научно-практической конференции (ИП&УЗ-2013, Москва, МЭСИ, 25-26 апреля 2013 г.). – М.: МЭСИ, 2013. – С. 294–298.
7. Тарасов В.Б. Управление жизненными циклами продукции и предприятия – ключевой аспект инжиниринга сетевых предприятий// Инжиниринг предприятий и управление знаниями. Сборник научных трудов XVII-й научно-практической конференции (ИП&УЗ-2014, Москва, МЭСИ, 24-25 апреля 2014 г.). – М.: МЭСИ, 2014. – С. 245–255.
8. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 220700 Автоматизация технологических процессов и производств (квалификация (степень) «бакалавр»).
9. Спицнадель В. Н. Основы системного анализа: Учебное пособие. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000.
10. Molina A., Sanchez J.M., Kusiak A. Handbook of Life Cycle Engineering: Concepts, Models and Technologies. – Heidelberg: Springer-Verlag, 1999.
11. Тарасов В.Б., Федотова А.В., Черепанов Н.В. Онтологии жизненного цикла сложной технической системы// Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. Материалы IV-й Международной научно-технической конференции (Минск, БГУИР, 20-22 февраля 2014 г.). – Минск: БГУИР, 2014. – С.471–482.
12. Zweger A., Tille M., Vesterager J. VERAM: Virtual Enterprise Reference Architecture and Methodology// Global Engineering and Manufacturing in Enterprise Networks GLOBEMEN/ Ed.by I.Karvonen et. al. – Julkaisija Utgivare Publisher, Finland, 2002. – P. 17–38.
13. Stark J. Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realization. 2nd ed. – New York: Springer Verlag, 2011.