

УДК 681.3.06,658.512.2.011.56

## МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ И УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Кульга К. С.

ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, Россия (450000, Уфа, ул. К. Маркса, 12), e-mail: stalker\_pro@mail.ru

---

Анализ результатов внедрения автоматизированных информационных систем в производственных задачах показал, что основным способом повышения конкурентоспособности наукоемкого изделия является повышение эффективности управления ключевыми бизнес-процессами, определяющими эффективность работы предприятия. В статье рассматривается методология создания интегрированной автоматизированной информационной системы, предназначенной для автоматизации в едином информационном пространстве предприятия бизнес-процессов технической подготовки и оперативного управления позаказным производством наукоемких изделий. Бизнес-процессы, требующие фактического управления, реализуются в ERP-системе или учетно-хозяйственной автоматизированной информационной системе. Для программной передачи в ERP-систему исходных/результатирующих наборов данных бизнес-процессов оперативного управления производством разработано специальное программное обеспечение. Предлагаемая методология, воплощенная в виде программного обеспечения интегрированной автоматизированной информационной системы Stalker PLM, экспериментально апробирована на одиннадцати предприятиях Российской Федерации.

---

Ключевые слова: методология создания интегрированной автоматизированной информационной системы, единое информационное пространство предприятия, базовые информационные технологии.

## METHODOLOGY OF INTEGRATED INFORMATION AUTOMATION SYSTEM TECHNICAL TRAINING AND CONTROL AIRCRAFT PRODUCTION

Kulga K. S.

Ufa State Aviation Technical University, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, (450000, Ufa, street K. Marx, 12), e-mail: stalker\_pro@mail.ru

---

Analysis of the results of automated information systems in production tasks showed that the main way to increase the competitiveness of high-tech products is to increase the efficiency of key business processes that determine the efficiency of the enterprise. In the article the methodology of the automated integrated information system designed to automate a single information space enterprise business processes and technical training and operational management of custom production of high-tech products. Business processes that require effective management, implemented in the ERP-system or accounting and business automated information system. For program transfer to the ERP-system input/result sets business process operations management developed a special software. The proposed methodology is embodied in the form of software integrated automated information system Stalker PLM, experimentally tested on eleven companies of the Russian Federation.

---

Keywords: methodology for the creation integrated automated information system, common information space enterprise, basic information technology.

### Введение

Автоматизированные информационные системы (АИС) CAD/CAM/PDM /FRP/MRP/MES (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Product Data Management/Finance Requirements Planning/Material Requirements Planning/Management Execution System), ориентированные на локальную автоматизацию и формирование традиционных баз данных (БД), не решают проблему создания единого информационного пространства (ЕИП), предназначенного для синхронизированного обмена данными между всеми участниками, вовлеченными в жизненный цикл изделий (ЖЦИ). На основании анализа реализованных проектов

АИС предприятия выявлено, что контуры *ERP*-системы (*Enterprise Resource Planning*), соответствующие классификации *APICS* (*American Production and Inventory Control Society*) [3], не обеспечивают решения интегрированных задач технической подготовки и оперативного управления по заказным производством предприятия, ограничиваясь стратегическим планированием. С другой стороны, контуры *CAD/CAM/CAE*-систем не имеют прямых информационных связей с *ERP*-системой. Все это определяет существование значительного функционального и информационного разрыва между этими системами [1]. Подтверждением этой тенденции является тот факт, что, начиная с 2008 года, к разработке программного обеспечения (ПО) АИС класса *PLM* (*Product Lifecycle Management*) приступили компании, поставляющие *ERP*-системы: *SAP, Oracle Corporation*.

Для решения задачи взаимодействия бизнес-процессов (БП) технической подготовки производства и БП, которые обеспечиваются средствами *ERP*-систем, в настоящее время разрабатывается ПО АИС предприятия на основе концепции *PLM*. Изучение возможностей *PLM*-систем показало, что в них в той или иной степени реализована интеграция в ЕИП предприятия *CAD/CAM/CAE/PDM*-систем, то есть БП конструкторской и технологической подготовки производства. В то же время для осуществления взаимодействия *PDM*-и *ERP*-систем, которые реализуют БП основных стадий ЖЦИ, определяющих эффективность работы предприятия, в настоящее время используются методы интеграции на основе бумажной технической документации (БТД), программного обмена через структурированные файлы данных или *API* (*Application Programming Interface*). Применение таких методов интеграции приводит к многочисленным ошибкам и потере актуальности данных, существенному затруднению процесса параллельного проектирования и производства изделий, увеличению стоимости внедрения и сопровождения.

Проведенный анализ позволил сформулировать постановку научной проблемы, имеющей важное значение для российской промышленности в условиях постоянного роста конкуренции на мировом рынке наукоемкой продукции – разработка и практическая апробация в реальных производственных условиях методологии создания интегрированных АИС (ИАИС), обеспечивающих комплексную автоматизацию предприятия в ЕИП на основе ПО *CAD/CAM/CAE/PDM/FRP/MRP/MES*-систем, включая информационное и программное взаимодействие с *ERP*-системой (учетно-хозяйственной АИС).

### **Разработка концептуальной модели ИАИС предприятия**

Согласно статистическим данным, собранным аналитической компанией *Standish Group* (США), из 30 000 проектов АИС, обследованных в США в период 1994÷2012 гг., успешными оказались не более 24 % (были выполнены в срок и в рамках заданного объема финансирования) [5]. Проведенный анализ показал, что большинство неудач

связано с отсутствием или неправильным применением методологии создания АИС, отвечающей современным требованиям предприятий. С точки зрения системного анализа, описание создаваемой ИАИС может быть представлено следующей шестеркой компонентов:

$$DSys = \{NSys, PSys, ASys, ISys, E Sys, SSys\},$$

где  $NSys$  – наименование ИАИС;  $PSys$  – цели ИАИС;  $ASys$  – общесистемные характеристики ИАИС;  $ISys$  – вход ИАИС;  $E Sys$  – выход ИАИС;  $SSys$  – методология создания ИАИС.

Основной компонентой концептуальной модели является методология создания ИАИС предприятия, которая реализуется через конкретные технологии и поддерживающие их стандарты, методики и инструментальные средства, которые обеспечивают реализацию жизненного цикла проекта (ЖЦП или *ALM – Application Lifecycle Management*) системы. Рассмотрим последовательность реализации предлагаемой методологии создания ИАИС.

### **Определение платформы ЖЦП ИАИС**

При выборе платформы ЖЦП ИАИС предприятия учитывались, прежде всего, следующие характеристики создаваемого проекта: область применения (научеёмкие проекты ИАИС или бизнес-приложения); методы разработки (итеративные и каскадные); возможность распределенной работы и администрирования прав участников; документированность; масштабируемость; организация и стоимость тестирования, стоимость внедрения и сопровождения. На основании сравнения вышеуказанных характеристик платформ ЖЦП [1, 2], обоснован выбор для разработки проекта ИАИС предприятия платформы *RUP (Rational Unified Process)* [4].

□ *Обоснование технологии создания проекта ИАИС.* Выбор *CASE*-технологии основывался на следующих её возможностях: повышение качества создаваемого ПО за счет применения графических средств моделирования предметной области, формирования и контроля исходного кода; уменьшение времени создания проекта.

□ *Обоснование метода проектирования функциональной модели проекта ИАИС.* Объектно-ориентированный (ОО) метод проектирования функциональной модели (ФМ) был выбран на основании следующих его возможностей: реализация структурной декомпозиции БП предприятия; моделирование динамического поведения ИАИС в зависимости от возникающих в ней событий. ОО ФМ ИАИС рассматривается как совокупность взаимодействующих во времени объектов. Для ОО проектирования ФМ ИАИС обоснован выбор унифицированного языка моделирования *UML* [4].

### **Единая ФМ ИАИС предприятия**

Этапы разработки функциональной модели предприятия: бизнес-моделирование; определение функциональных и нефункциональных требований; анализ и проектирование



структурированных файлов (ИСО 10303-21/ГОСТ Р ИСО 10303) или с помощью прикладного *API*-интерфейса. Исследование вышеуказанных методов интеграции систем выявило следующие их недостатки: невозможна реализация параллельных БП технической подготовки и оперативного управления производством; отсутствуют единые процедуры администрирования и одновременного доступа пользователей к набору данных электронной структуры изделия (ЭСИ) на стадиях ЖЦИ; для актуализации набора данных ЭСИ на стадиях ЖЦИ необходимы многочисленные рутинные процедуры синхронизации и проверки записей структурированных файлов обмена. Следствием этих недостатков являются многочисленные ошибки и потеря доверия пользователей к АИС, ограничения возможностей масштабируемости структуры АИС, увеличение сроков, стоимости внедрения и сопровождения.

□ *Анализ взаимодействия БП технической подготовки и управления производством в ЕИП предприятия.* Анализ взаимодействия БП АИС выявил необходимость комплексной интеграции в ЕИП предприятия бизнес-процессов технической подготовки производства и многих финансовых и учетно-хозяйственных БП. В свою очередь, БП управления персоналом, бухгалтерского учета (фактический учет), экономического анализа и прогнозирования, электронной коммерции не требуют оперативного управления в рамках ЕИП предприятия, так как они необходимы для реализации стратегических задач. Для организации взаимодействия в ЕИП предприятия БП *CAD/CAM/CAE/PDM/FRP/MRP/MES*-и *ERP*-систем предлагается использование программных методов интеграции данных.

□ *Исследование направлений развития ИАИС предприятия.* Основными направлениями развития являются [1]: интеграция в ЕИП предприятия БП технической подготовки и оперативного управления производством; развитие единых процедур администрирования и управления документооборотом на стадиях ЖЦИ; поставка комплексных решений автоматизации предприятий на основе интеграции ИАИС и *ERP*-систем, повышение эффективности и снижение стоимости внедрения для средних и малых предприятий.

Основными результатами проведенного реинжиниринга БП авиационного производства являются: структура ИАИС предприятия (рисунок 2); программное обеспечение ИАИС *Stalker PLM*, осуществляющей оперативное взаимодействие в ЕИП предприятия *CAD/CAM/CAE/PDM/FRP/MRP/MES*-систем (рисунок 3).

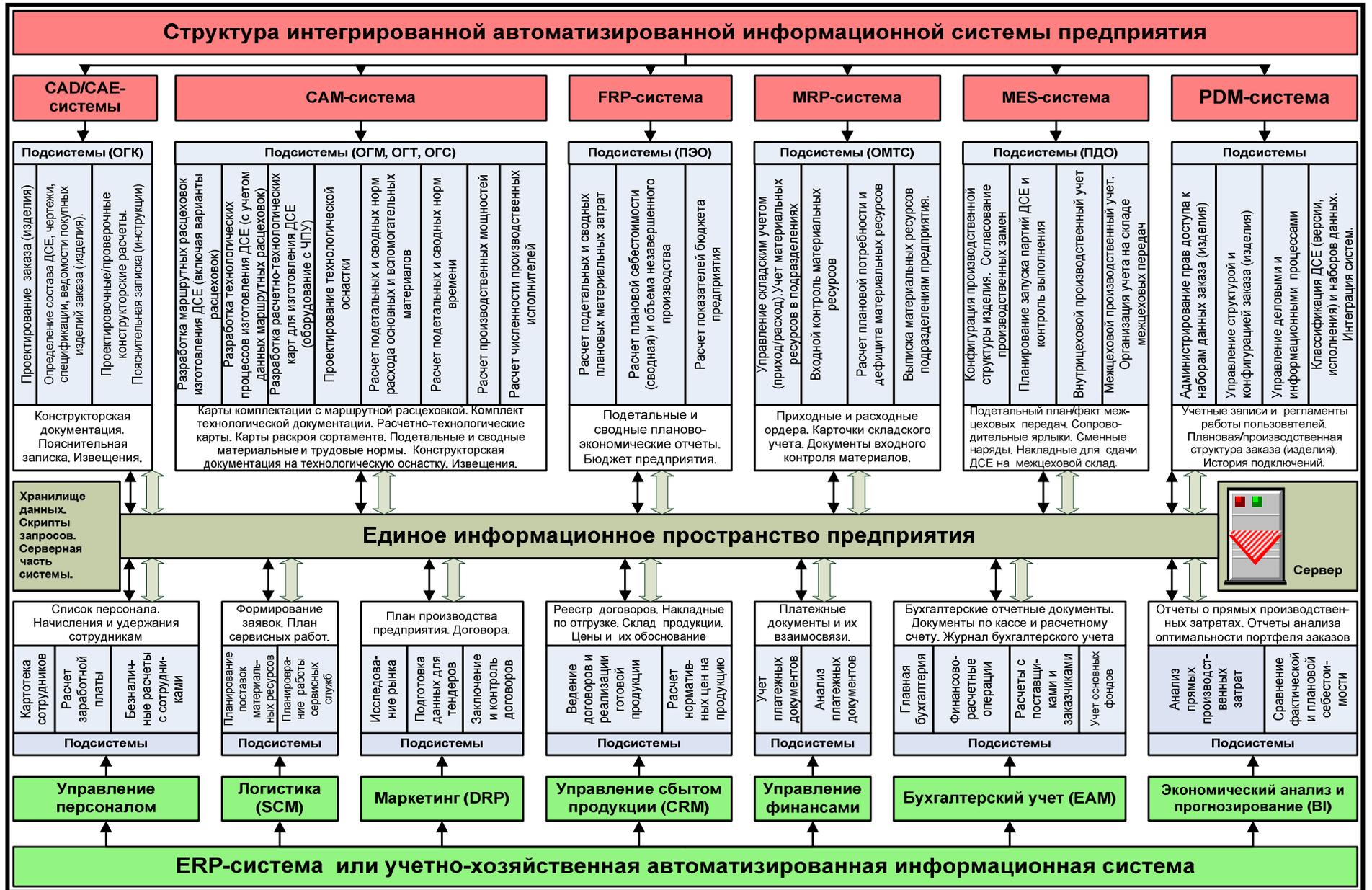


Рисунок 2. Разработанная структура ИАИС предприятия

Stalker PLM 7.3.120.4 - admin 04.05.2012 7:35:13 - [MK5323.00.000 GC 2-1,6-1600-2-И]

Файл Производство Отчёты Справочники Запросы Утилиты Окно Справка

Настройка ДСЕ без файлов ДСЕ без ЗП Накладные расходы Статьи калькуляции

### Электронная структура изделия

622292 [MK5323.00.000] GC 2-1,6-1600-2-И [Кол. 1]

- 630185 [MK1026-09Г2С-6] Кронштейн 09Г2С-6 [Кол. 4]
- 622299 [MK3753.14.000] Перегородка ф1600 [Кол. 1]
- 622320 [MK3753.15.000] Насадка сетчатая Ф1600 09Г2С-8 [Кол. 1]
- 622353 [MK3753.16.000] Узел ввода УВ 250-2 ГП 1088.00.000
- 622391 [MK5323.01.000] Штуцер Ду100 Ру1,6 L1=100 L2=723
- 622398 [MK5323.02.000] Штуцер Ду50 Ру4,0 [Кол. 1]
- 609445 [MKS1901] Узел крепления таблички [Кол. 1]
- 609506 [MKS1977] Футляр [Кол. 1]
- 622406 [ШВ25.40.3.ХЛ.Б01.04.01.6.0-685] Штуцер Ду25 Ру40
- 622408 [ШВ25.40.3.ХЛ.Б01.04.01.6.0-180] Штуцер Ду25 Ру4,0
- 622410 [ШВ40.40.3.ХЛ.Б07.04.01.5.0-150] Штуцер Ду40 Ру4,0

Тип	Поз.	Порядок	Вариант	Номенклатура	Шифр	Наименование	Заготовка/материал	Количество	Ч.В.	Чистый вес
Производимое	18	2	1	622294	MK5323.00.001	Обечайка Ф1600x3800x10 09Г2С	Лист Б-ПН-0-10 ГОСТ 19903-74/09Г2С-8 ГОСТ 5520-79	1	Да	150
Производимое	19	17	1	622420	MK5323.00.002	Кольцо укрепляющее ф672	Лист Б-ПН-0-10 ГОСТ 19903-74/09Г2С-8 ГОСТ 5520-79	1	Да	1
Производимое	20	18	1	622421	MK5323.00.002-01	Кольцо укрепляющее	Лист Б-ПН-0-10 ГОСТ 19903-74/09Г2С-8 ГОСТ 5520-79	2	Да	
Производимое	21	19	1	622426	MK5323.00.003	Платик	Лист Б-ПН-0-10 ГОСТ 19903-74/09Г2С-8 ГОСТ 5520-79	14	Да	3.
Производимое	22	20	1	622428	MK5323.00.005	Полоса крепления	Лист Б-ПН-0-5 ГОСТ 19903-74/09Г2С-8 ГОСТ 5520-79	2	Да	0,4
Производимое	23	21	1	622429	MK5323.00.006	Полоса крепления	Лист Б-ПН-0-5 ГОСТ 19903-74/09Г2С-8 ГОСТ 5520-79	2	Да	0,4

8 Обновить Печать 8

### Номенклатура ДСЕ

Добавить Удалить Копировать Вставить Вверх БД Норм Библиотека Спецтехпроцесс Калькулятор Отчет Файл просмотр Переопределить Учт. труд. нормы

№	Рабочий Центр	№	Вид работ, разряд	ТС	ЗП	Кшт	Ко	То	Кв	Тв	Тнс	ОПП	Кзп	КР	Кг'	Кзп'	Спецтехпроцесс
0	ЦМК	0	ОБЩАЯ СБОРКА АППАРАТА, разряд 5	75,00р.	6522,75р.	1,00	1,00	86,97	1,00	0,00	0,00	1	1,00	1	1,00	1,00	
1	Маляр	1	СБОРКА ШТУЦЕРОВ, разряд 4	70,00р.	772,10р.	1,00	1,00	11,03	1,00	0,00	0,00	1	1,00	1	1,00	1,00	
2	ТО	2	ГИДРОИСПЫТАНИЕ, разряд 4	75,00р.	112,50р.	1,00	1,00	1,50	1,00	0,00	0,00	1	1,00	1	1,00	1,00	
3		3	АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА, разряд 5	76,00р.	0,00р.	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1	1,00	1	1,00	1,00	Сварка полуавтоматическая и автоматическая электроду
4		4	ПОЛУАВТОМАТ. СВАРКА, разряд 5	76,00р.	0,00р.	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1	1,00	1	1,00	1,00	Сварка п/автомат. в среде CO2 (проволока, газ) [Козф.

Спецтехпроцесс | Примечание | Техпроцесс | Операция | Файлы | История | Состояния

Спецтехпроцесс Сварка п/автомат. в среде CO2 (проволока, газ) [Козф.=1/1000]

Тип шва	Типоразмер	Длина шва, мм	Количество	Мн мет. кг	Примечание, число, кг	Толщина металла
Н1-УП к10	10	73800,0	1,0	0,48		10
Н1-УП к3	3	8200,0	1,0	0,095		10
С17-3П	е6+/-2	33824,0	1,0	0,75		10
Т1-УП	е6+/-2	25000,0	1,0	0,96		10
Т2-УП	е6+/-2	25000,0	1,0	1,16		10
Т3-УП к10	10	15000,0	1,0	0,96		10
У12-1	е6+/-2	33824,0	2,0	0,92		10

### Вспомогательная номенклатура ДСЕ

Тип	Код	Шифр(ГОСТ/ТУ), наименование, ед. произв.	Коэффициент расхода	Чистый вес, кг
М	615138	1,2Св-09Г2С ГОСТ 2246-70 [кг]	1,2	0,0
М	615140	Углекислый газ ГОСТ 8050-85 [кг]	0,85	0,0

Рисунок 3. Главная форма ИАИС Stalker PLM

## Единая информационная модель ИАИС предприятия

При построении информационной модели (ИМ) ИАИС необходимо установить взаимосвязь свойств материальных объектов с характеристиками их функциональных структурных элементов, которые, в свою очередь, зависят от свойств этих объектов. Указанная взаимосвязь является основным признаком целостности единой ИМ ИАИС. Отношения между структурными элементами в ИМ ИАИС предлагается фиксировать в виде иерархических представлений. Это позволяет при объединении структурных элементов с формированием системных связей отражать одновременно как структурные, так и параметрические отношения, что исключает необходимость аналитического описания связей посредством уравнений. Предложенная технология древовидного представления данных, основанная на ФМ ИАИС предприятия, позволила исключить моноцентризм иерархической модели, вводимой в теории графов, которая накладывает слишком жесткие ограничения на сценарий обработки содержащейся в ней информации, так как предусматривает единственный вход в её структуру.

**Заключение.** Разработано алгоритмическое и программное обеспечение функций CAD/CAM/CAE/PDM/FRP/MRP/MES-систем в виде ИАИС Stalker PLM (см. рисунок 3), созданной на основе предложенной методологии (концептуальной, функциональной и информационной моделей и соответствующих методик). Проведены экспериментальные исследования и практическая апробация ПО ИАИС Stalker PLM на одиннадцати предприятиях [1].

### Список литературы

1. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством / К. С. Кульга, И. А. Кривошеев. – М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.
2. Функциональное моделирование бизнес-процессов концепции PLM на основе методов CASE-технологий / К. С. Кульга // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 6. – С. 115–119.
3. APICS – The association for operations management. URL: <http://www.apics.org>. (дата обращения 25.10.2012).
4. Booch G. Object-oriented analysis and design with applications. – Boston: Addison-Wesley, 2004. – 380 с.
5. The Standish Group International, Inc. URL: <http://www.standishgroup.com>. (дата обращения 25.10.2012).

*Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.0398 «Создание перспективной промышленной информационной технологии и подготовка кадров для системной автоматизированной разработки и эксплуатации сложных наукоемких изделий на основе интеграции MetaCAIP/Framework, имитационного моделирования, CAD/CAM/CAE/PLM, SCADA, ERP и СППР».*

### Рецензенты:

Горюнов И. М., д.т.н., профессор кафедры «Авиационные двигатели», УГАТУ, г. Уфа.  
Ахметзянов Д. А., д.т.н., профессор кафедры «Авиационные двигатели», УГАТУ, г. Уфа.