

УДК 658.005.5:004.9+629.7

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМИРОВАНИЮ ПОЛИПЛАТФОРМЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

© 2012 В. В. Назаров<sup>1</sup>, Д. Ю. Шабалкин<sup>2</sup>, Ю. В. Полянсков<sup>2</sup><sup>1</sup>Закрытое акционерное общество «Авиастар-СП», г. Ульяновск<sup>2</sup>Ульяновский государственный университет

Исследованы основные подходы к построению интегрированных систем непрерывной информационной поддержки жизненного цикла воздушного судна. Представлено сравнение моно-платформенных и полиплатформенных систем. Разработана модель автоматизированной интегрированной системы поддержки жизненного цикла воздушного судна.

*ИПИ-технологии, интегрированная информационная система, CAD-система, PDM-система, ERP-система.*

Одним из приоритетов развития отечественного промышленного производства является повышение его конкурентоспособности за счёт разработки и внедрения передовых технологий. Наиболее это актуально для авиационной промышленности и отражено в федеральных и отраслевых руководящих документах:

1. Стратегия развития авиационной промышленности России до 2015 (утверждена Минпромэнерго России, приказ от 20 апреля 2006 года № 85);

2. Основные положения стратегии развития открытого акционерного общества «Объединённая авиастроительная корпорация» до 2025 года (утверждена решением Совета директоров от 12 февраля 2008 года, протокол №9);

3. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России (одобрена решением коллегии Министерства промышленности, науки и технологий Российской Федерации, протокол заседания коллегии № ПК-18 от 10 августа 2001 г.).

Одним из наиболее динамично развивающихся и востребованных в авиационной промышленности сегментов информационных систем являются системы информационной поддержки процессов жизненного цикла изделия (ИПИ/CALS-технологии), базирующиеся на интегрированных автоматизированных информационных системах.

Конкурентоспособность современной продукции во многом определяется степенью интегрированности и непрерывности ИПИ-систем, обеспечивающих точное определение состояния производства в режиме реального времени и соответствующую реакцию на изменение внутреннего состояния и условий на рынке.

В качестве инструментальных средств на каждом этапе жизненного цикла используются соответствующие специализированные информационные системы: системы инженерных расчётов (CAE), системы управления данными об изделии (PDM), системы конструкторского проектирования и моделирования (CAD/CAM), системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП/ CAPP), системы управления ресурсами (ERP/MRP), системы взаимодействия с клиентами (CRM), системы управления поставками (SCM), системы послепродажного обслуживания и др.

Важным компонентом ИПИ-технологии являются системы бизнесаналитики (BI / BA). Основной функцией таких систем является мониторинг-оценка-расчёт влияния изменений, вносимых в конструкторскую документацию (КД), организационную и технологическую структуру

производственных процессов на изменение параметров жизненного цикла: состав изделия, технологические процессы, элементы технологической оснастки, эксплуатационные параметры и др.

Наличие приведённых инструментов позволит реализовать принципы проектного подхода в подготовке производства, изготовлении и выпуске авиационной техники. В авиационной промышленности наличие единой интегрированной информационной системы играет определяющую роль в снижении ресурсных затрат (временных, трудовых, финансовых, материальных), повышении качества и, как следствие, конкурентоспособности продукции.

В современном зарубежном и отечественном авиастроении применяется большинство упомянутых систем. Это позволяет достичь повышения эффективности на каждом этапе конструкторско-технологического-производственно-эксплуатационного цикла. Однако совокупный эффект внедрения ИПИ-технологий во многом определяется степенью интеграции бизнес-процессов, обеспечивающих их автоматизированных подсистем. Консолидированный, положительный эффект от использования информационных систем на каждом этапе жизненного цикла изделия может быть достигнут на принципах интеграции бизнес-процессов, приложений и данных в рамках единого информационного пространства изделия.

Таким образом, интегрированная система информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов с необходимостью должна включать следующие взаимодействующие базовые компоненты:

- информационного взаимодействия с конструкторскими бюро - разработчиками КД на самолёт на уровне данных и процессов (приёмка-передача, проведение изменений электронной КД);

- централизованная/единая конструкторско-технологическая подготовка производства;

- управление проектированием, изготовлением и применением средств технического оснащения;

- технологическая подготовка в цехах сборочного производства;

- управление сборкой авиационной техники, где наибольшая доля ручных операций (с учётом взаимодействия с кооперантами, поставщиками сырья и отдельных агрегатов);

- мониторинг конструкторского, технологического, производственного процесса и эксплуатации воздушного судна.

### **Основные подходы к построению интегрированных систем непрерывной информационной поддержки жизненного цикла воздушного судна**

Известно два подхода формирования единого информационного пространства жизненного цикла изделия: применение комплекса автоматизированных систем (CAD, PDM, ERP, CAPP, MES) одного производителя (моноплатформенное решение), интеграция подсистем различных производителей (полиплатформенное решение).

#### **Моноплатформенный подход**

На вновь создаваемых предприятиях интегрированная система управления жизненным циклом успешно строится с использованием современных моноплатформенных средств. Одним из наиболее распространённых и эффективных является решение Team Center Engineering/ Team Center Manufacturing от Siemens PLM Software. Система реализует функции PDM, CAPP – систем, обеспечивает гарантированную интеграцию с родственной CAD/CAM системой Unigraphics/NX и обладает возможностью наращивать функциональность за счёт подключения дополнительных модулей того же разработчика. Положительную динамику по внедрению разработок Siemens PLM Software демонстрирует например ЗАО «Гражданские самолёты Сухого (ГСС)» (ГСС) [1]. Компания «Гражданские самолёты Сухого» (ГСС), входящая в состав холдинга «Сухой», была образована в 2000 г. и внедрила PDM систему с «чистого листа».

Аналитические исследования показывают, что ряд ведущих машино-авиастроительных предприятий за рубежом и в странах СССР ещё до эпохи активного внедрения комплексных ИПИ-технологий имел значительный задел в виде информационных систем класса PDM, SAP как ранних промышленных, так и внутренних разработок [2]. Единовременный отказ от их применения в пользу современных промышленных решений сопровождается очевидными рисками:

1) переход с одной системы на другую не может быть осуществлён одновременно и может привести к нарушению непрерывности производственного процесса;

2) для обеспечения непрерывного производства необходимо какое-то время эксплуатировать обе системы, что в значительной степени увеличивает затраты, себестоимость готовой продукции и приводит к возрастанию срока окупаемости проекта;

3) системы внутренних разработок полностью соответствуют бизнес-процессам предприятия, а внедрение промышленных систем может привести к необходимости перестройки бизнес-процессов.

К основному недостатку моноплатформенного подхода нужно отнести:

1) необходимость глубокой и длительной модернизации существующих решений иностранных производителей для их адаптации к существующим бизнес-процессам отечественных самолётостроительных предприятий;

2) отказ от эксплуатируемых подсистем, либо необходимость параллельного использования внедряемой и действующей систем;

3) высокая стоимость владения моноплатформенной системой, которая существенно повышается после проведения требуемой модернизации;

4) интеграция внешних систем в целях наращивания функциональности крайне затруднительна.

По этим причинам значительное (до 23%) количество предприятий Северной Америки и Европы используют системы

PDM собственных разработок, модернизируя и интегрируя их с промышленными решениями [3].

Ввиду вышеизложенного, количество отечественных авиастроительных предприятий, использующих полнофункциональные моноплатформенные решения, крайне незначительно.

### **Полиплатформенный подход**

Альтернативой является интеграция полиплатформенных подсистем различной функциональности в единое информационное пространство жизненного цикла.

Возможность интеграции готовых решений, в том числе и внутренних разработок, определяется возможностью эффективной интеграции данных и бизнес-процессов.

Ввиду актуальности данной проблемы в 1990-2010г. велись активные теоретические исследования в области комплексирования и интеграции данных [4,5]. Результатом явились модели, на основе которых могут быть успешно разработаны инструментальные средства (на основе ETL-технологий) [2] и системы интеграции информационных ресурсов предприятия (ЕИ).

Структура ЕИ-системы, её функционал во многом определяется бизнес-процессами, структурой информационных систем и данных, которые требуется интегрировать. Ключевыми данными здесь является электронное определение изделия (ЭОИ) – базовая информация PDM-систем.

Задача интеграции информационных потоков рамках автоматизированной системы управления жизненным циклом авиационной техники требует:

1) наличия эффективно работающих функциональных модулей отдельных подсистем (CAD/PDM/ERP/CRM/SCM, подсистем управления средствами технологической оснастки (СТО) и др.);

2) действующей системы централизованной конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) взаимодействующей с ERP-системами;

3) разработанной структуры хранилища (возможно и виртуального) инвариантных данных;

4) формирования механизмов управления хранилищем инвариантных данных;

5) формирование механизма получения/предоставления требуемых данных требуемой структуры в соответствии с требуемым регламентом;

6) интеграции соответствующих бизнес-процессов предприятия.

Выбор между двумя приведёнными сценариями формирования интегрированной системы информационной поддержки жизненного цикла изделия зависит от ряда параметров. Основными, на наш взгляд, являются:

1) экономические показатели: стоимость приобретения, внедрения, сопровождения и владения;

2) временные показатели: время от начала внедрения до ввода в эксплуатацию;

3) показатели эксплуатационности/технологичности: технологичность системы (возможность эффективного сопровождения);

4) показатели функциональности: обеспечение интеграции подсистем, в т.ч. разработанных на других платформах (CAD/CAM, ERP, CAPP и др.);

5) показатели соответствия производственным процессам: обеспечение однозначных (прозрачных) связей конструкторского и технологического членения;

6) соответствие (при незначительной доработке) бизнес-процессам предприятия.

В табл. 1 приведены по открытым источникам оценочные характеристики системы Team Center по выбранным параметрам.

Приведённые характеристики позволяют сделать вывод о целесообразности рассмотрения альтернативных сценариев.

Реальным альтернативным сценарием построения системы непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделия является интеграция (с необходимой доработкой) полиплатформенных систем.

Обязательным условием является соответствие средств интеграции и системы в целом требованиям, предъявляемым к автоматизированным системам в соответствии с нормативно-технологической документацией.

Таким образом, целесообразность выполнения работы по развитию интегрированной полиплатформенной системы информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов гражданской и транспортной авиации определяется следующими факторами:

1) высокая стоимость и длительный период адаптации зарубежных систем под специфику отечественной авиастроительной отрасли;

2) наличие теоретических наработок в области интеграции информационных систем и данных в автоматизированных системах управления;

Таблица 1 – Оценочные характеристики системы TeamCenter

№	Характеристики (параметры)	«TeamCenterEngineering/ TeamCenter Manufacturing»
<b>1.</b>	<b>Экономические характеристики</b>	
1.1.	Стоимость приобретения (без учёта аппаратно-программной платформы, CAD-систем)	80 000 тыс. руб.
1.2.	Стоимость внедрения интегрированного решения (Типовое внедрение в расчёте потребностей ЗАО «Авиастар-СП»)	350 000-400 000 тыс. руб.

№	Характеристики (параметры)	«TeamCenterEngineering/ TeamCenter Manufacturing»
1.3.	Стоимость сопровождения и владения (1 год)	18 000 руб.
1.4.	Стоимость «тонкой настройки системы» системы	6 000 руб.
<b>2.</b>	<b><i>Временные показатели</i></b>	
2.1.	Период внедрения PDMсистемы	3-4 года
2.2.	Период полного внедрения интегрированного решения	7-11 лет
<b>3.</b>	<b><i>Показатели эксплуатационности/технологичности</i></b>	
3.1.	Наличие документации	Да
3.2.	Наличие службы технической поддержки	Да
3.3.	Гарантированное сопровождение ПО разработчиком	Да
<b>4.</b>	<b><i>Показатели функциональности</i></b>	
4.1.	Интеграция с CAD/CAM-системами, используемыми отечественными КБ	Гарантирована только с системами UGNX. Взаимодействие с другими системами осуществляется импортом/экспортом файлов заданного формата
4.2.	Интеграция с ERP –системами	Частичная. Взаимодействие осуществляется импортом/экспортом файлов заданного формата
4.3.	Интеграция с системами послепродажного обслуживания	Взаимодействие осуществляется импортом/экспортом файлов заданного формата
4.4.	Наличие/возможность подключения информационно-аналитических (BI/BA) систем	Взаимодействие осуществляется импортом/экспортом файлов заданного формата
4.5.	Наличие/возможность подключения модуля управления СТО	Частичная реализация на уровне отдельных подсистем
4.6.	Возможность применения системы при решения аналогичных задач для другого типа воздушного судна без изменения состава системы	Требуется доработка
<b>5.</b>	<b><i>Показатели соответствия</i></b>	
5.1.	Соответствие бизнес-процессам, реализованным в отечественной самолётостроительной отрасли	Требуется значительная доработка
5.2.	Обеспечение однозначных (прозрачных) связей конструкторского и технологического членения	Требуется глубокая доработка

3) наличие хорошо адаптированных под производственно-технологические процессы отечественных предприятий отдельных автоматизированных подсистем

4) наличие наработок в мировой и отечественной практике по интеграции бизнес-процессов, приложений и данных.

**Модель полиплатформенной интегрированной системы непрерывной информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов на основе электронного определения изделия**

Предлагаемая модель полиплатформенной интегрированной системы информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов строилась в соответствии с текущими и перспективными задачами ЗАО «Авиастар-СП», но может быть применена и на других авиастроительных предприятиях. Модель определяет основные требования к системе и подходы к их реализации.

Целью является снижение ресурсоёмкости подготовки производства и выпуска, повышение качества изготовления, послепродажного сопровождения гражданских и транспортных самолётов за счёт внедрения комплексной автоматизированной системы на основе единого цифрового пространства КТПП и изготовления авиационной техники («изделие 476») (Ил-476), Ан-124, Ту-204, SSJ и MC-21).

Должны быть решены следующие задачи:

1. обеспечение интеграции информационных потоков предприятия, конструкторских бюро, кооперантов и

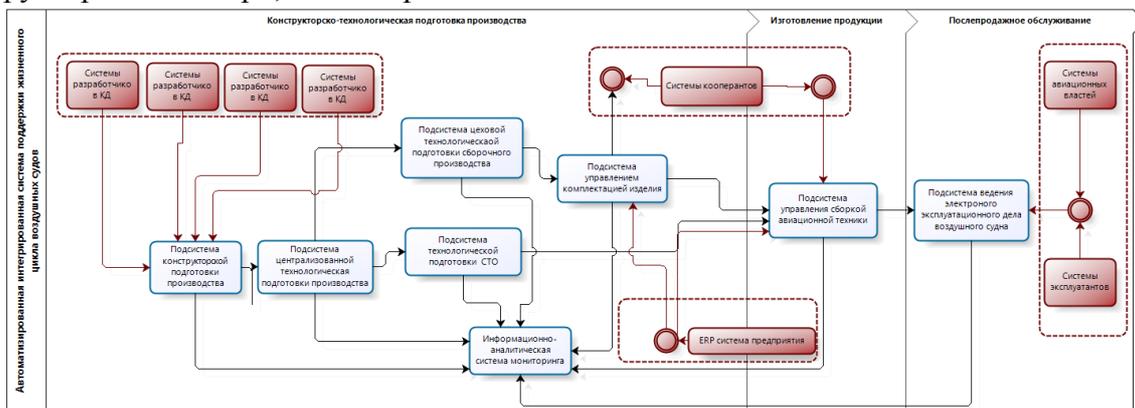
эксплуатантов в соответствии с реализуемыми бизнес-процессами КТПП, изготовление и послепродажное обслуживание производимых ВС гражданской и транспортной авиации (Ил-76 и его модификаций, Ан-124, Ту-204, SSJ, MC-21);

2. обеспечение разработки архитектуры ИАС с выделением трёх основных уровней: ядро системы, корпоративная сервисная шина, подсистемы);

3. обеспечение разработки подсистем ИАС:

- подсистема конструкторской подготовки завода-изготовителя;
- подсистема централизованной технологической подготовки производства;
- подсистема управления проектированием, подготовкой и производством средств технологического оснащения на основе ЭОИ;
- подсистема САПР технологических процессов сборочного производства;
- подсистема управления комплектацией сборочного производства;
- информационно-аналитическая подсистема состояния конструкторского, технологического, производственного процессов;
- подсистема формирования электронного «Дела изделия» воздушного судна.

Функциональную схему системы и её взаимодействие с основными смежными системами иллюстрирует (рис. 1)



Сформулированы следующие требования к структуре ИАС.

ИАС должна иметь иерархическую структуру и содержать следующие компоненты:

1) ядро системы – первый уровень;

2) корпоративная сервисная шина (ESB) – второй уровень;

3) подсистемы – третий уровень.

ESB должна обеспечить обмен данными подсистем различных производителей, возможность организации взаимодействия с внешними приложениями [6]. Разработка ESB позволит заложить принцип полиплатформенности ИАС, обеспечить расширяемость и модернизируемость системы.

Разработка ИАС должна осуществляться в соответствии с нормативно-технологическими документами (ГОСТ Р, ГОСТ ИСО РД) с помощью современных CASE-систем. На этапе эскизного проектирования должна быть разработана имитационная модель системы и проведена её экспериментальная проверка. Реализация подобной системы должна осуществляться с использованием современных CASE-средств, RUP-технологий.

#### **Ожидаемые результаты**

Таким образом, предложенный подход позволит формировать автоматизированную систему управления на основе интеграции полиплатформенных подсистем.

ИАС будет обеспечивать интеграцию информационных потоков предприятия, конструкторских бюро, кооперантов и эксплуатантов, реализуемых с использованием полиплатформенных информационных систем, в соответствии с организованными бизнес-процессами

конструкторско-технологической подготовки производства, изготовления всех производимых воздушных судов гражданской и транспортной авиации.

Неотъемлемым преимуществом системы является масштабируемость, возможность модернизации и тиражирования данного решения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

#### **Библиографический список**

1. Зырянов, М. О роли ИТ-команды ГСС в создании нового авиалайнера [Текст] / М. Зырянов // «Директор информационной службы», № 03, 2011.

2. Дубова, Н. PLM на пороге зрелости [Текст] / Н. Дубова // Открытые системы №5, 2011.

3. Дубова, Н. Интеграция приложений и бизнес-процессы [Текст] / Н. Дубова // Открытые системы №10, 2009.

4. Maurizio Lenzerini, Data integration: a theoretical perspective, 2002, Proceedings of the twenty-first ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART symposium on Principles of database systems, ISBN 1-58113-507-6, URL: <http://doi.acm.org/10.1145/543613.543644>

5. Alon Y. Halevy, Enterprise information integration: successes, challenges and controversies, 2005, Proceedings of the 2005 ACM SIGMOD international conference on Management of data, ISBN 1-59593-060-4, URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1066157.1066246>

6. Шаппел, Д. ESB-Сервисная шина предприятия [Текст] / Д. Шаппел - СПб: БХВ-Петербург, 2008.

### **BASIC APPROACHES AND REQUIREMENTS TO THE FORMATION OF POLY-PLATFORM INTEGRATED AUTOMATED SYSTEM OF AIRCRAFT LIFE CYCLE SUPPORT BASED ON THE PRODUCT ELECTRONIC DEFINITION**

© 2012 V. V. Nazarov<sup>1</sup>, D. Yu. Shabalkin<sup>2</sup>, Yu. V. Polyanskov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CJSS "Aviastar-SP"

<sup>2</sup>Ulyanovsk State University

The approaches to the continuous information lifecycle support system construction are investigated. Systems mentioned should be based on poly-platform information systems integration. Comparison of mono-platform and poly-platform solution from the applicability is presented. Necessary conditions for autonomic system integration are shown. Model of construction integrated information lifecycle system is suggested.

*CALS-technologies, integrated information system, data integration, product lifecycle, CAD-system, PDM-system, ERP-system.*

**Информация об авторах**

**Назаров Владимир Валентинович**, заместитель начальника УИТ по САПР, ЗАО "Авистар-СП". E-mail: d106@aviastar-sp.ru. Область научных интересов: ИПИ-технологии, разработка АСУ ТП.

**Шабалкин Дмитрий Юрьевич**, кандидат физико-математических наук, заместитель директора Центра компетенций «АТиАМ», Ульяновский государственный университет. E-mail: shabalkindy@gmail.com. Область научных интересов: ИПИ-технологии, разработка ИАС.

**Полянсков Юрий Вячеславович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой математического моделирования технических систем, Ульяновский государственный университет, E-mail: PolyanskovYuV@ulsu.ru. Область научных интересов: ИПИ-технологии, разработка АСУ ТП.

**Nazarov Vladimir Valentinovich**, Deputy Director of MIT for CAD-systems CJSS "Avistar-SP". E-mail: d106@aviastar-sp.ru. Area of research: CALS - technologies, developing Automatic Control systems of technological processes.

**Shabalkin Dmitriy Yrevich**, candidate of Physics and Mathematics Sciences, Deputy Director of Center of competence «AT&AM», Ulyanovsk State University. E-mail: shabalkindy@gmail.com. Area of research: CALS-technologies, development of integrated information system.

**Polyanskov Yuri Vyacheslavovich**, Ph.D., Professor, head of department of Mathematical modeling of technical systems, Ulyanovsk State University. E-mail: PolyanskovYuV@ulsu.ru. Area of research: CALS-technologies, developing Automatic Control systems of technological processes.