

УДК 629.7.05+004.9(075)

Т.Е. Акимова, В.В. Шишкин

## ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ АВИАПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

**Акимова Татьяна Евгеньевна**, окончила механико-математический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Начальник отдела информационных технологий ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения». Имеет публикации в области автоматизации проектных и производственных процессов и создания единого проектно-производственного пространства предприятия. [e-mail: akimovat@bk.ru].

**Шишкин Вадим Викторович**, кандидат технических наук, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Профессор кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» Ульяновского государственного технического университета, декан факультета информационных систем и технологий УлГТУ. Имеет статьи в области разработки САПР, интеллектуальных систем, операционных систем реального времени и встраиваемых систем. [e-mail: shvv@ulstu.ru].

### Аннотация

В статье описываются информационные модели (ИМ) интегрированной информационной среды (ИИС) предприятия авиационной приборостроительной отрасли и созданный на их основе программный комплекс автоматизации проектирования ИИС, позволяющий описать бизнес-процессы (БП), порождаемые и используемые артефакты, типы и форматы данных, применяемые инструментальные средства (ИС). Созданный программный комплекс позволяет определить оптимальный набор ИС для построения эффективной ИИС предприятия и информационной поддержки жизненного цикла боевых информационно-управляющих систем (БИУС).

Ключевые слова: информационная поддержка процессов жизненного цикла изделия, управление нормативно-справочной информацией, единое информационное пространство, интегрированная информационная среда предприятия.

**Tatiana Evgenievna Akimova**, Head of IT Department of PJSC 'Ulyanovsk Instrumental Manufacturing Design Bureau'; graduated from the Faculty of Mechanics and Mathematics of Lomonosov Moscow State University; author of articles in the field of project and product processes automation and making the unified project and products space of an enterprise. e-mail: akimovat@bk.ru.

**Vadim Viktorinovich Shishkin**, Candidate of Engineering, graduated from the Faculty of Radioengineering of Ulyanovsk Polytechnic Institute, Professor at the Department of Measuring calculating complexes of Ulyanovsk State Technical University, author of articles in the field of CAD, intellectual systems, real-time operating systems and embedded systems development. e-mail: shvv@ulstu.ru.

### Abstract

The article describes the information models of integrated information environment of the aircraft instrument engineering industry enterprise. An integrated information environment computer-aided design software package is created based on this model. Such software package enables to describe business processes, generated and used artefacts, data types and formats, applied tools. It also determines the best set of tools for building an effective integrated information environment of the enterprise and information support of Combat Management Systems (CMS) lifecycle.

Key words: information support of product life cycle processes, normative-referenced data management, unified information space, integrated information environment of the enterprise.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время эффективность авиаприборостроительного предприятия в значительной степени определяется автоматизацией его БП и их интеграцией. Возрастание сложности проектируемых изделий, увеличение темпов разработки, усложнение процессов разработки, производства, послепродажного обслуживания приводят к не-

возможности эффективно обрабатывать и учитывать все накопленные информационные артефакты, к усложнению взаимодействия между подразделениями внутри предприятия, а также с соисполнителями и эксплуатирующими организациями. Это ставит под угрозу конкурентоспособность предприятия, напрямую зависящую от эффективности обработки информации, порождаемой и используемой на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Для ре-

шения данных проблем на предприятии необходимо создать ИИС, способную обеспечить непрерывную информационную поддержку процессов всех этапов ЖЦИ.

## 1 Анализ существующих проблем

Каждое научно-производственное предприятие авиаприборостроительной отрасли создает ИИС с учетом планируемых в соответствии со стандартами БП, имеющихся ресурсов, целей и приоритетов. С другой стороны, на предприятии существуют сложившиеся БП, закрепленные в организационных, структурных и функциональных решениях, таких как организационная и производственная структура предприятия, компетенции сотрудников и их должностные обязанности, отраслевые нормативные документы и нормативные документы предприятия, множество ИС поддержки проектной и производственной деятельности и др. В связи с этим актуальным является построение эффективной ИИС предприятия, с учетом сложившихся БП и их возможной перестройки.

При построении эффективной ИИС предприятия сталкиваются с рядом проблем. Основной проблемой является отсутствие типовых отраслевых ИМ БП, изделий, нормативно-справочной информации (НСИ). ИМ (мета-модель) НСИ является ядром любой системы управления НСИ (MDM – Model Data Management), так же как и ИМ данных об изделии является центральной частью PDM- или PLM-системы. Отсутствие отраслевых ИМ изделий и НСИ приводит к созданию разных ИМ даже при использовании одинаковых MDM-, PDM-, PLM-решений на однотипных предприятиях. Это приводит к невозможности автоматической синхронизации НСИ, данных об изделиях разных предприятий, что крайне необходимо при возрастании уровня кооперации проектного предприятия и серийных заводов. Также это приводит к повышению стоимости внедрения MDM-, PDM-, PLM-решений. Стоимость внедрения на крупном предприятии MDM-решения от западных разработчиков с учетом выверки и консолидации справочных данных сегодня может составлять порядка одного миллиона евро [1]. Дороговизна и сложность внедрения и поддержки систем возрастает многократно в условиях динамичности окружения (изменения набора ИС, интеграции, виртуализации, кооперации предприятий). Также на настоящий момент времени у предприятий отсутствуют эффективные интегрированные средства создания и мониторинга ИМ БП.

Следующие проблемы связаны с недостатками ИС создания ИМ. Большинство ИС, применяемых в настоящее время для построения ИМ, ориентировано на автоматизацию проектирования программного обеспечения и основано в основном на методологиях структурного или объектно-ориентированного проектирования и программирования, использующих спецификации в виде диаграмм или текстов для описания системных требований, связей между моделями системы. Наиболее распространенными CASE-системами в данное время являются AllFusion Modeling, ARIS и Rational Rose (RR). Экспериментальные работы по построению ИМ ИИС показали, что практически все типы ИМ можно создать с помощью тех или иных ИС. Однако процесс создания достаточно долгий и трудоемкий. От-

сутствуют средства отслеживания связей между ИМ ИИС, например привязки элементов ИМ НСИ или ИМ изделия к используемым ИС и т. п. С помощью стандартных функций невозможно получить наглядные отчетные документы ИМ ИИС, проводить анализ совокупности набора ИМ и их взаимосвязей. При увеличении сложности изделий и БП ЖЦИ возрастает сложность ИМ, усложняется восприятие набора ИМ и взаимосвязей между ними. Так как корректировка моделей и взаимосвязей сложна, единожды построенные модели быстро теряют актуальность при изменении номенклатуры изделий, БП, набора ИС. Так же отсутствует возможность отображения в виде различных представлений или витрин данных для разных ИС, БП, этапов ЖЦИ и разных групп пользователей ИИС.

Следующие проблемы связаны с трудностью выбора ИС ИИС. Анализ существующих ИС, обеспечивающих поддержку частных и общих задач ЖЦИ, показал, что отсутствуют полностью интегрированные сквозные цепочки программных продуктов, позволившие бы удовлетворить потребности авиаприборостроительного предприятия. Поэтому необходимо определить оптимальный набор ИС для ИИС. При этом следует учитывать, что каждое предприятие начинает создавать ИИС с учетом большого количества ИС, находящихся на разных стадиях внедрения, в том числе устаревших унаследованных систем, которые могут активно использоваться подразделениями предприятия, и полный отказ от них без проработанной адекватной замены невозможен.

## 2 Постановка задачи

Для решения рассмотренных проблем необходимо:

1. Определить перечень ИМ, необходимых для построения ИИС, и их соподчиненность;
2. Определить структуру каждого типа ИМ и связей между ними;
3. Определить методику выбора ИС ИИС, обеспечивающих автоматизацию и информационную поддержку частных и общих задач ЖЦИ;
4. Разработать систему автоматизированного проектирования ИМ, отслеживания связей между ИМ, выбора ИС ИИС;
5. Построить набор ИМ ИИС, удовлетворяющий следующим свойствам:
  - содержащий унифицированные, стандартизированные объекты и характеристики и взаимосвязи между ними;
  - предоставляющий возможность отображения в виде различных представлений для разных ИС, БП, групп пользователей ИИС;
  - поддерживающий возможность синхронизации ИМ разных предприятий;
  - обеспечивающий возможность изменения и адаптации при изменении БП и обеспечивающих их ИС.

## 3 Информационные модели ИИС

Создание ИИС или единого информационного пространства (ЕИП) является целью практического применения CALS-технологий. В соответствии с NATO CALS Handbook, CALS представляет собой стратегию последовательного

преобразования существующих БП в единый компьютеризированный и информационно-интегрированный процесс управления жизненным циклом систем военного назначения [2]. Для построения ИИС в качестве основной модели CALS будем использовать модель, представленную на рисунке 1, которая включает в себя схему CALS-окружения [2], концептуальную модель CALS [3, 4], а также принципиальную схему CALS [5].

Для построения эффективной ИИС предлагается использовать следующую совокупность моделей, составляющих ИМ ИИС, и взаимосвязи между ними (рис. 2). ИМ ИИС состоит из ИМ ЖЦИ и связей данной модели с применяемыми на предприятии ИС. ИМ ЖЦИ включает в себя ИМ изделия, структуры предприятия (СП), БП, а также взаимосвязи между ними.

ИМ БП представляется в виде иерархической системы соподчиненных ориентированных графов различных уровней детализации. Каждая вершина графа является соответствующим этапом ЖЦИ и характеризуется набором входных и выходных артефактов, которые используются или порождаются соответствующими ИС автоматизации и информационной поддержки процессов ЖЦИ и на каждом этапе представляются различными форматами [6]. Данные артефакты являются элементами ИМ изделия, стандартизирующей, структурирующей и объединяющей разнородные наборы инженерных данных. Пример фрагмента ИМ изделия в формате IDEF1X приведен на рисунке 3. На рисунке используются следующие сокращения: ПКК – покупные комплектующие изделия; НТД – нормативно-техническая документация; СТИ – стандартные изделия.

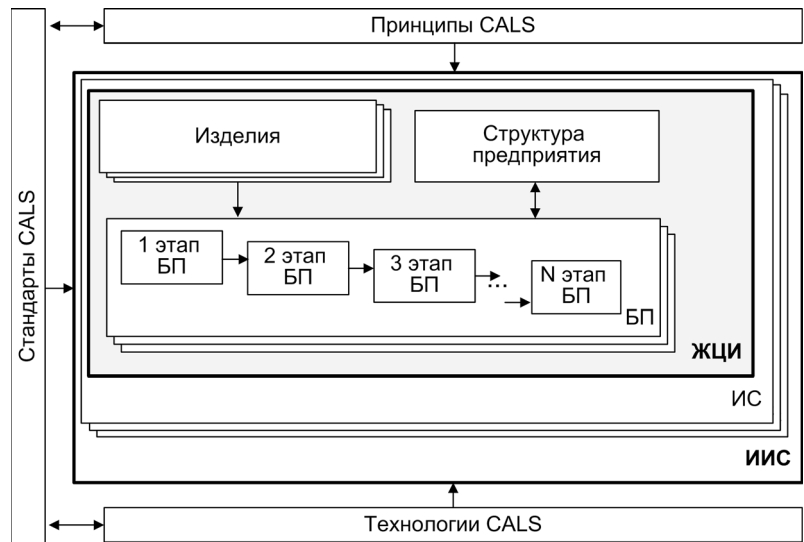


Рис. 1. Концептуальная модель CALS для построения ИИС

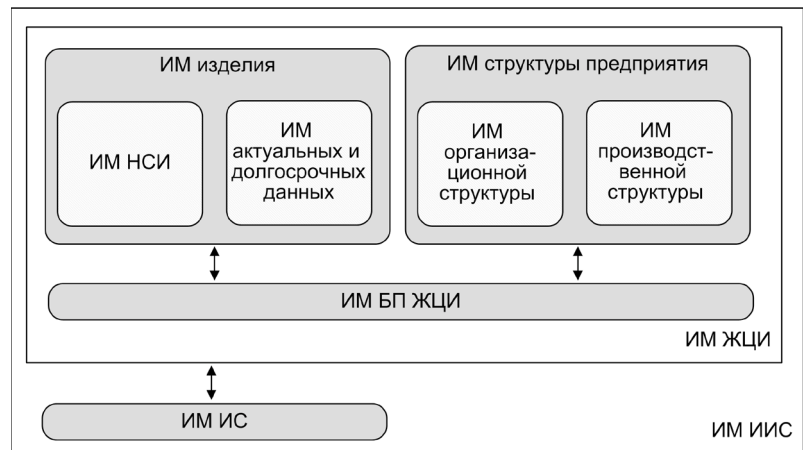


Рис. 2. Вложенность и взаимосвязи моделей, составляющих ИМ ИИС

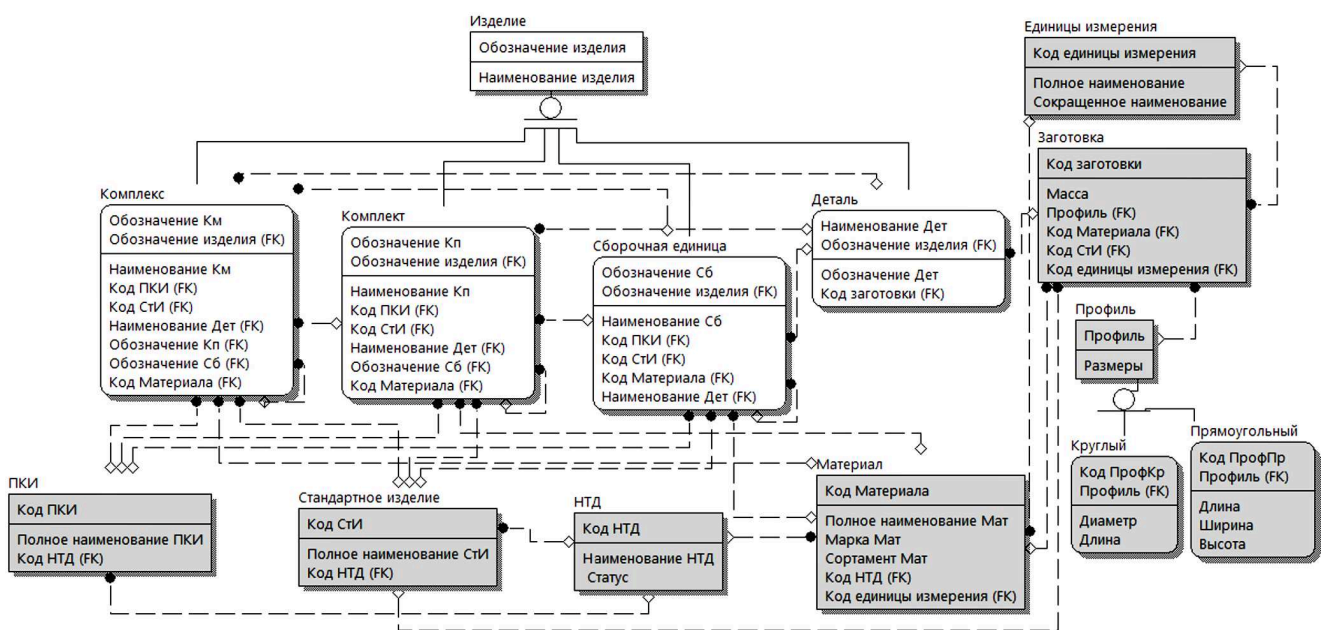


Рис. 3. Фрагмент ИМ изделия в формате IDEF1X

На основе ИМ изделия формируется структура общей базы данных об изделии, включающая в себя все используемые и порождаемые артефакты на всех этапах ЖЦИ. Общая база данных об изделии ИИС, в соответствии с [3,5], включает в себя долгосрочные и актуальные данные об изделии и НСИ. Долгосрочные и актуальные данные об изделии включают в себя [3–5, 7, 8] информацию: о ранее выполненных и находящихся в стадии разработки, изготовления и эксплуатации изделиях; о типовых конструкторско-технологических элементах; о расчетных методиках; о конструкции и технологии изготовления изделий; о конкретных экземплярах и партиях изделий, находящихся на разных стадиях ЖЦИ.

В отличие от долгосрочных и актуальных данных об изделии, НСИ – это условно-постоянная часть всей корпоративной информации. НСИ в общем случае включают в себя данные по конструкционным материалам, нормалям, нормативным документам.

ИМ ЖЦИ описывает взаимосвязи ИМ изделия, ИМ БП ЖЦИ и ИМ СП. В контексте ИМ ЖЦИ вершины графа БП ЖЦИ принимают вид (1), а ветви графа (2).

$$M'_i = \langle M_i, A\_in_i, A\_out_i, C_i \rangle, \quad (1)$$

где  $M_i$  – название  $i$ -го этапа ЖЦИ;

$$A\_in_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}\} \text{ – набор входных артефактов } i\text{-го этапа ЖЦИ};$$

где  $a_{ik}$  – артефакт  $k$ -го типа  $i$ -го этапа ЖЦИ;

$$A\_out_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}\} \text{ – набор выходных артефактов } i\text{-го этапа ЖЦИ};$$

где  $a_{ip}$  – артефакт  $p$ -го типа  $i$ -го этапа ЖЦИ;

$C_i = \{c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{il}\}$  – набор элементов структуры предприятия, необходимых для реализации  $i$ -го этапа ЖЦИ.

$$V'_j = \langle V_j, A\_in_j, A\_out_j \rangle, \quad (2)$$

где  $V_j$  –  $j$ -е ребро графа БП ЖЦИ, нагруженное функцией преобразования форматов артефактов;

$$A\_in_j = \{a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jk}\} \text{ – набор артефактов во входных форматах } j\text{-го ребра графа БП ЖЦИ};$$

где  $a_{jk}$  – артефакт  $k$ -го типа  $j$ -го ребра графа БП ЖЦИ;

$$A\_out_j = \{a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jp}\} \text{ – набор артефактов в выходных форматах } j\text{-го ребра графа БП ЖЦИ}.$$

где  $a_{jp}$  – артефакт  $p$ -го типа  $j$ -го ребра графа БП ЖЦИ.

ИМ ИИС описывает взаимосвязи ИМ ЖЦИ и ИС. В контексте ИМ ИИС вершины графа БП ЖЦИ принимают вид (3), а ветви графа (4).

$$M''_i = \langle M'_i, Is_i, W_i \rangle, \quad (3)$$

где  $Is_i = \{Is_{i1}, Is_{i2}, \dots, Is_{it}\}$  – набор ИС, необходимых для реализации  $i$ -го этапа ЖЦИ;

$W_i$  – весовая экспертная характеристика  $i$ -го этапа ЖЦИ, совокупная оценка трудоемкости, стоимости, затратности этапа, применительно к набору ИС.

$$V''_j = \langle V'_j, Is_j, Q_j \rangle, \quad (4)$$

где  $Is_j = \{Is_{j1}, Is_{j2}, \dots, Is_{jl}\}$  – набор ИС, необходимых для реализации тех этапов ЖЦИ, которые являются началом и концом  $j$ -го ребра графа ЖЦИ;

$Q_j$  – весовая экспертная характеристика  $j$ -й связи этапов ЖЦИ (ребра графа ЖЦИ), совокупная оценка тру-

доемкости, стоимости, затратности  $j$ -го ребра графа ЖЦИ, применительно к набору ИС.

#### 4 ВЫБОР НАБОРА ИС, СОСТАВЛЯЮЩИХ ИИС

Каждая вершина графа ИМ ИИС, соответствующая этапу БП ЖЦИ, характеризуется набором входных и выходных артефактов, которые используются или порождаются соответствующими ИС автоматизации и информационной поддержки процессов ЖЦИ и на каждом этапе представляются различными форматами. Данные в различных форматах передаются от предыдущего этапа к следующему, и необходимо, чтобы ошибки при трансляции между этапами и затратность всей совокупности трансляций при используемом наборе ИС были минимальны.

В зависимости от предлагаемых к использованию ИС, ИМ ИИС распадается на семейство графов. И необходимо определить такой набор ИС (5), при котором целевая функция (6) будет принимать минимальное значение.

$$Is_K = \{Is_{K1}, Is_{K2}, \dots, Is_{KL}\}. \quad (5)$$

$$f(Is_K) = \sum W_i + \sum Q_j. \quad (6)$$

При этом ИМ ИИС позволяет учитывать, что каждое предприятие создает или модифицирует ИИС с учетом существующего на предприятии набора ИС, то есть целевая функция в этом случае рассчитывается исходя из наложенных ограничений – вариативность ИМ ИИС сознательно понижается.

Для того чтобы учесть стоимость создания, поддержки и обслуживания ИИС, необходимо каждому ИС поставить в соответствие стоимостные характеристики (стоимость лицензий, тех. поддержки, обучения пользователей и т.д.) на основе которых ИС будут ранжироваться по предпочтительности использования в составе ИИС. Ранг  $R(Is_K) = 1 - \text{максимально предпочтительные ИС}$ . Исходя из вышесказанного, целевая функция, учитывающая стоимость создания, поддержки и обслуживания ИС в составе ИИС, принимает вид (7):

$$f(Is_K) = \sum W_i + \sum Q_j + \sum R(Is_K). \quad (7)$$

Для оценки эффективности перехода от одного набора ИС («AS IS») к новому набору ИС («TO BE») предлагается использовать нормированные значения (8) целевой функции преобразованной ИИС относительно «базовой» («AS IS»).

$$E = \frac{f_{TO\_BE}(Is_K)}{f_{AS\_IS}(Is_K)}. \quad (8)$$

При  $E < 1$  преобразование считается эффективным, при  $E > 1$  – неэффективным, при  $E = 1$  преобразование не влияет на эффективность.

#### 5 СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИИС

Для решения задач создания совокупности моделей, составляющих ИМ ИИС, и определения набора ИС, позволяющего минимизировать совокупную трудоемкость каждого этапа, стоимость создания, поддержки и обслу-

живания ИИС на основании вышеприведенных моделей был разработан программный комплекс автоматизации проектирования (САПР) ИИС авиаприборостроительного предприятия. Данный программный комплекс позволяет описать порождаемые и используемые артефакты, типы, форматы данных, ИС и совокупность иерархических графов, соответствующих ЖЦ сложного наукоемкого изделия авиаприборостроительной отрасли. В нем представлены как графы разного уровня детализации этапов ЖЦИ, так и графы, соответствующие различным наборам ИС, и экспертные оценки как каждого этапа ЖЦ, так и стоимости (трудоемкости, затратности) преобразования, передачи данных от предыдущего этапа к следующему.

САПР ИИС – программный комплекс, предназначенный для создания, визуализации и последующего анализа полного набора ИМ ИИС, отслеживания связей между ИМ, выбора оптимального набора ИС, обеспечивающих автоматизацию и информационную поддержку частных и общих задач ЖЦИ, и автоматизированного создания

электронных баз данных (ЭБД) НСИ.

В настоящее время САПР ИИС состоит из следующих компонентов (рис. 4):

1. Информационный репозиторий – содержит репозитории справочных данных, стандартных проектных решений и экспертных оценок.

1.1. Репозиторий сущностей (справочных данных) содержит сведения об этапах ЖЦИ, порождаемых и используемых на каждом этапе ЖЦИ артефактах, сущностях ИМ НСИ и актуальных и долгосрочных данных, организационной и производственной структур, ИС и типах оценок.

1.2. Репозиторий стандартных проектных решений содержит сведения о различных ИМ ИИС, об уровнях декомпозиции, взаимосвязях между этапами ЖЦИ, порождаемыми и используемыми на каждом этапе ЖЦИ артефактами, сущностями ИМ НСИ и актуальных и долгосрочных данных, элементами организационной и производственной структур предприятий, которые накапливаются в процессе работы с системой.

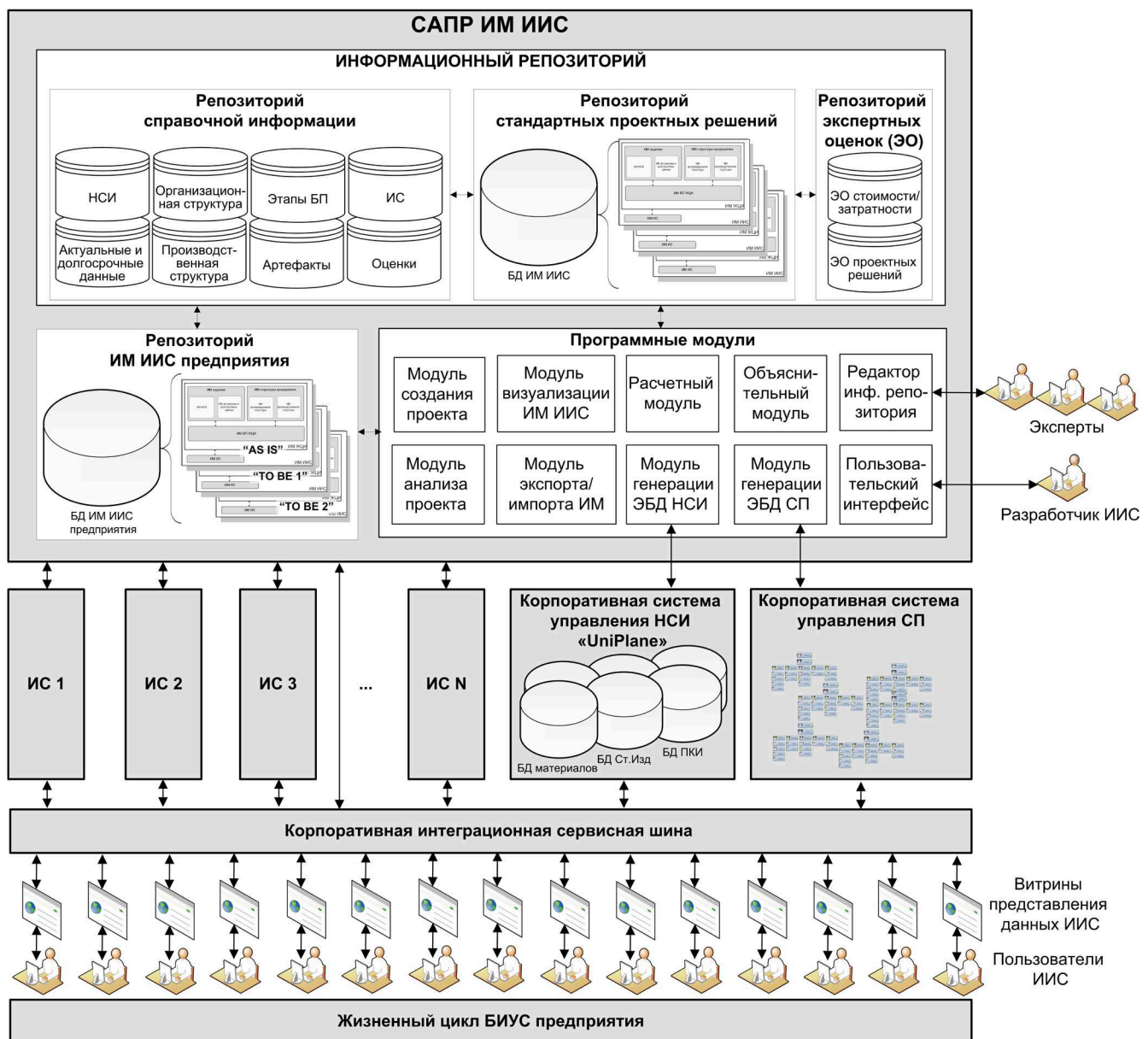


Рис. 4 Структурная схема САПР ИИС

1.3. Репозиторий экспертных оценок содержит: сведения о весовых экспертных характеристиках стоимости, затратности, трудоемкости преобразования наборов входных артефактов в выходные артефакты с применением различных ИС; сведения о весовых экспертных характеристиках преобразования однотипных артефактов; ранжированные характеристики стоимости обслуживания, тех. поддержки, обучения пользователей и т. д.; экспертные характеристики проектных решений.

2. Репозиторий ИМ ИИС предприятия содержит ИМ ИИС конкретного предприятия с привязкой ко времени. Вновь разрабатываемый проект может быть создан на основе существующих стандартных проектных решений с минимальной корректировкой, учитывающей специфику конкретного предприятия.

3. Программные модули:

3.1. Модуль создания проекта позволяет вносить и редактировать сведения о наборах ИМ ИИС, об уровнях декомпозиции, взаимосвязях между этапами ЖЦИ, порождаемыми и используемыми на каждом этапе ЖЦИ артефактами, сущностями ИМ НСИ и актуальных и долгосрочных данных, элементами организационной и производственной СП;

3.2. Модуль визуализации ИМ ИИС позволяет отображать в визуальной форме частные и общие ИМ из состава ИМ ИИС;

3.3. Расчетный модуль производит выбор необходимого набора ИС ИИС, используя данные информационного репозитория и репозитория ИМ ИИС предприятия с учетом наложенных ограничений;

3.4. Объяснительный модуль показывает, каким образом расчетный модуль получил решение задачи (или почему выбор набора ИС ИИС не был произведен) и какие данные информационного репозитория при этом были использованы;

3.5. Редактор информационного репозитория позволяет эксперту в интерактивном режиме вносить сведения в разделы информационного репозитория;

3.6. Модуль анализа проекта выполняет анализ корректности взаимосвязей ИМ ИИС, проверки порождения используемых артефактов на предыдущих этапах ЖЦИ;

3.7. Модули генерации ЭБД НСИ и ЭБД СП, позволяющие в автоматизированном режиме создать ЭБД на базе SQL server в соответствии с разработанными ИМ НСИ и ИМ СП. Модуль генерации ЭБД НСИ позволяет создавать ЭБД НСИ, функционирующие под управлением Корпоративной системы управления НСИ «UniPlane» [9].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работ по построению ИИС был определен набор необходимых ИМ, их соподчиненность, структура и взаимосвязи, определена методика выбора ИС для построения эффективного ИИС с учетом наложенных ограничений. Была разработана система автоматизированного проектирования ИИС с функционалом, позволяющим создавать все типы моделей из набора ИМ ИИС, отслеживать связи между моделями, производить выбор ИС ИИС.

С помощью САПР ИИС был построен набор ИМ ИИС ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»

(УКБП), содержащий унифицированные, стандартизированные объекты и характеристики и взаимосвязи между ними. Например, ИМ СП, включающей в себя организационную структуру (структурные подразделения, руководители, сотрудники и соответствующие им пользователи, группы пользователей, логины/пароли, права доступа и т. д.) и производственную структуру (цеха, участки, рабочие центры, центры взаимозаменяемости, их характеристики, статусы доступности), ИМ НСИ, описывающую полный набор объектов и характеристик по материалам, покупным, стандартным изделиям, нормативной документации и т. д.

Создана подсистема управления ЭБД НСИ (Корпоративная система управления НСИ «UniPlane» [9]), состоящая из баз данных, соответствующих ИМ НСИ, клиентских рабочих мест администраторов ЭБД НСИ, web-интерфейса для доступа в режиме реального времени к ЭБД НСИ всех сотрудников предприятия в режиме «одного окна». Произведены ввод нормативно-справочных данных из различных источников в единое хранилище и выверка данных.

На основании частных моделей этапов ЖЦИ произведено определение необходимых классификационных признаков для конструкторских, технологических, производственных, планово-экономических подразделений; в автоматизированном режиме созданы классификаторы ЭБД НСИ и сформированы различные представления ЭБД НСИ для разных подразделений предприятия. Осуществлена интеграция ЭБД НСИ с существующими ИС автоматизации проектной и производственной деятельности. На основе САПР ИИС и набора моделей ИИС отработана возможность изменения и адаптации ИМ НСИ при изменении БП и наборов используемых ИС.

В настоящее время в рамках создания ЕИП ОАО «УКБП» и ОАО «УТЕС» производится построение моделей из набора ИМ ИИС ОАО «УТЕС», в частности, ИМ НСИ ОАО «УТЕС» для отработки возможности синхронизации ИМ и нормативно-справочных данных предприятия-разработчика и серийного завода.

Разработанный программный комплекс автоматизации проектирования ИИС авиаприборостроительного предприятия позволяет описывать существующее состояние и проводить мониторинг ИИС, определять оптимальный набор ИС, соответствующий заданной бизнес-логике с учетом наложенных ограничений, стратегии последовательного преобразования как БП, так и набора ИС для построения эффективного ИИС.

С использованием САПР ИИС был проведен выбор оптимальной системы технологического проектирования (ТП) для ОАО «УКБП», ОАО «УТЕС» и их объединенного ЕИП. Базовой САПР ТП для ОАО «УКБП» являлась ТехноПро, для ОАО «УТЕС» – Вертикаль. В качестве новых систем рассматривались Вертикаль, ТехноПро и технологический модуль 1С:PDM. В исследовании принимали участие 8 экспертов-сотрудников ОАО «УКБП» и ОАО «УТЕС». В качестве критерия оценивалась эффективность по формуле (8).

Эффективность применения САПР ТП оценивалась в 3 ситуациях:

а) оценка эффективности проектирования технологической документации без наложения ограничений на другие используемые на предприятии ИС;

Таблица 1

## Сравнительный анализ эффективности применения САПР ТП

САПР ТП Предприятие	Вертикаль			ТехноПро			Технологический модуль 1С:PDM		
	УКБП	УТЕС	ЕИП	УКБП	УТЕС	ЕИП	УКБП	УТЕС	ЕИП
а) Эффективность применения САПР ТП (без наложения ограничений)	1.25	1	1.25	1	1.1	1.1	1.35	1.43	1.39
б) Эффективность применения САПР ТП (с наложением ограничений типа 1)	1.25	1.1	1.25	1	0.9	0.8	1.27	1.38	1.33
в) Эффективность применения САПР ТП (с наложением ограничений типа 2)	1.78	1.3	1.45	0.83	0.77	0.67	1.49	1.67	1.61

б) оценка эффективности проектирования технологической и сопроводительной документации с наложением ограничений типа 1 – ограничения на выбор PDM-системы (1С:PDM);

в) оценка эффективности проектирования технологической и сопроводительной документации, планирования производства на основе технологических данных, прослеживаемости изготовления изделий с наложением ограничений типа 2 – ограничения на выбор PDM-системы (1С:PDM), системы управления НСИ (UniPlane), программы диспетчеризации производства (на которую планирует перейти ОАО «УКБП» в ближайшее время).

В таблице 1 приведены нормированные результаты сравнительного анализа эффективности применения САПР ТП для ОАО «УКБП», ОАО «УТЕС» и ЕИП ОАО «УКБП» и ОАО «УТЕС».

На основании полученных результатов было принято решение о выборе ТехноПро в качестве базовой САПР ТП ЕИП ОАО «УКБП» и ОАО «УТЕС».

Организация интегрированной информационной поддержки, интеграция ИС, информационных ресурсов в рамках ИИС позволит: повысить эффективность, прозрачность и прослеживаемость процессов разработки, производства и дальнейшего сопровождения изделий; улучшить качество изделий, сократить затраты на проектирование, производство и модификацию изделий; ускорить запуск проектируемых систем в серийное производство; упростить процедуры сертификации. Так же накопленные в ИИС данные об изделиях на всех этапах ЖЦИ предоставят возможность проведения анализа и получения ключевых показателей эффективности, что в свою очередь позволит достоверно оценить эффективность и принимать верные стратегические управленческие решения и своевременно реагировать на изменения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриченко А.Н. Управление справочными данными. Аналитический обзор рынка // САПР и графика. – 2011. – № 4. – С. 100–104.
2. NATO CALS Handbook ver.2. – URL: [http://www.dcnicn.com/ncmb/nch\\_june-2000/Pdf/NATOCALS\\_Handbook\\_1\\_June%202009.pdf](http://www.dcnicn.com/ncmb/nch_june-2000/Pdf/NATOCALS_Handbook_1_June%202009.pdf).
3. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е.В. Судов [и др.]. – М.: ВИМИ, 2002. – 127 с.
4. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. – М.: ООО Издательский дом «МВМ», 2003. – 264 с.
5. Информационное обеспечение, поддержка и сопровождение жизненного цикла изделия / В.В. Бакаев [и др.]. – М.: Машиностроение-1, 2005. – 623 с.
6. Акимова Т.Е. Автоматизация процессов проектирования единого информационного проектно-производственного пространства предприятия авиационной приборостроительной отрасли // Информатика и вычислительная техника : сб. науч. тр. 4-й Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2012. В 2 т. Т. 1 / под ред. Н.Н. Войта. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 30–35.
7. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин [и др.]. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.
8. Шалумов А.С., Никишкин С.И., Носков В.Н. Введение в CALS-технологии : учеб. пособие. – Ковров : КГТА, 2002. – 137 с.
9. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Корпоративная система управления нормативно – справочной информацией «UniPlane» / Акимова Т.Е., Макаров Н.Н., Каткин В.Ю. и др. – № 2012619644. – М.: ФИПС, 2013.