

## ОСНОВНЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ И СИСТЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРИН

Я.И. Гулиев, к.т.н. (ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, г. Переславль-Залесский,  
pps@yag.botik.ru)

В статье приводится описание основных архитектурных и системных решений технологии Интерин для создания медицинских информационных систем. Перечислены основные свойства медицинской информационной системы Интерин PROMIS, построенной на технологии Интерин, приведен список основных ее внедрений.

**Ключевые слова:** информационная система, медицинская информационная система, архитектура информационной системы, объектное моделирование, документы, информационная безопасность.

В 2009 году научным исследованиям в области медицинской информатики в Институте программных систем имени А.К. Айламазяна РАН исполняется 15 лет.

Подходы к созданию интегрированной *медицинской информационной системы* (МИС) рассмотрены в работе [1], а в [2] кратко освещена технология Интерин, которая стала главным результатом исследований и разработок.

Данная работа посвящена основным архитектурным и системным решениям технологии Интерин. При решении первоначально поставленной задачи создания МИС комплексного *лечебно-профилактического учреждения* (ЛПУ) были возвращены исследования и разработки практически по всем направлениям медицинских информационных технологий.

1. Исследование основных проблем создания МИС и разработка:

- архитектурных решений для учрежденческих, региональных, персональных и мобильных систем;

- инструментальных средств и методик создания МИС.

2. Исследования и разработка общесистемных механизмов:

- поддержки информационной безопасности в МИС; сложных организационных структур в МИС; историчности информации в МИС; информационных стандартов и стандартов предметной области в МИС; принятия решений в МИС; телемедицинских технологий;

- организации пользовательского интерфейса и визуализации медицинской информации;

- идентификации в МИС, в том числе с использованием технологий идентификации (штрих-коды и смарт-карты);

- интеграции медицинских приборов и информационных систем;

- взаимодействия и интеграции разных информационных систем, в том числе в гетерогенной среде, обмена медицинскими данными в сети ЛПУ.

3. Исследования и решение прикладных задач общесистемного характера:

- создание единой медицинской карты пациентов;

- поддержка экономики лечения, управленческого учета, решение проблем автоматизации материального учета;

- поддержка контроля качества лечения и безопасности пациентов в МИС.

4. Исследование экономической эффективности информационных технологий в медицине.

На рисунке 1 показана взаимосвязь перечисленных направлений исследований в рамках проекта создания МИС ЛПУ.



Рис. 1. Концептуальная диаграмма проекта Интерин

### Особенности создания МИС

Основные проблемы, стоящие перед разработчиками МИС:

- большие объемы и разнообразие типов медицинской информации;

- недостаточная формализация (концептуализация и стандартизация) предметной области;

- постоянно расширяющиеся понятийная и концептуальная базы предметной области;

- необходимость одновременной поддержки бумажной и безбумажной технологий работы;

- необходимость и актуальность поддержки единого информационного пространства (полные данные по каждому пациенту независимо от места оказания медицинской помощи).

Были исследованы и сформулированы требования к *интегрированным информационным системам* (ИИС) для сложных, плохо структурированных и трудноформализуемых предметных областей, таких как медицина, а именно:

- поддержка хранения и обработки фактографической информации с одновременным обеспечением основных функций существующих информационно-поисковых систем и систем обработки данных;

- хранение и обработка документов, построенных на фактографической информации, с обеспечением основных функций существующих систем документооборота;

- моделирование бизнес-процессов на основе данных и документов, возможность определения «мягкого» и регулируемого регламента работы с фактографической информацией и документами;

- применение методов компонентного проектирования *информационных систем* (ИС) как для фактографических БД, так и для архивов документов и информационных потоков;

- разработка процедур компонентного изменения ИС при изменении бизнес-процедур и применяемых приложений;

- постоянная актуализация логической модели ИС для учета изменений в деятельности предприятий;

- возможность определения дополнительных регулируемых механизмов авторизации и прав доступа при работе с фактографической информацией и документами;

- построение интерфейса пользователя, интегрирующего в себе разные способы представления информации (в том числе манипулирование данными, документами), средства анализа информации, работа с информацией различного характера (графического, текстового, временных рядов).

Исследования показали, что возможностей существующих методологий и инструментальных средств для решения задач построения интегрированных МИС недостаточно, поэтому они были продолжены в направлении поиска научно-технологических и методологических решений.

Были изучены и классифицированы основные устоявшиеся технологии ИС: фактографические системы (банки данных), системы документооборота (*Docflow*) и системы рабочих потоков (*Workflow*).

На основе проведенных исследований сделан вывод, что ввиду особенностей бизнес-процессов в медицинских учреждениях интегрированные МИС должны включать в себя элементы всех трех указанных типов ИС. В то же время каждая технология в отдельности либо не удовлетворяет все потребности МИС (фактографические системы, *Docflow*), либо плохо применима для их построения (*Workflow*).

Стало понятно, что составной частью общей методологии разработки интегрированных МИС может служить понятие «документ», которое сначала пытались вытеснить в эру АСУ, а потом внести в технологию ИС «как есть» в эру систем документооборота.

Кроме того, понятие «документ» как одна из основ построения МИС так же хорошо применимо для решения проблем поддержки стандартов представления медицинской информации, передачи медицинской информации и т.п.

Исследования в области использования концепции документа в архитектуре МИС привели к разработке механизма информационных объектов и архитектуры *HL-X* поддержки документов, которые составляют основу технологии Интерин.

Рисунок 2 иллюстрирует архитектуру ИС, построенной на основе механизма информационных объектов и архитектуры *HL-X*.

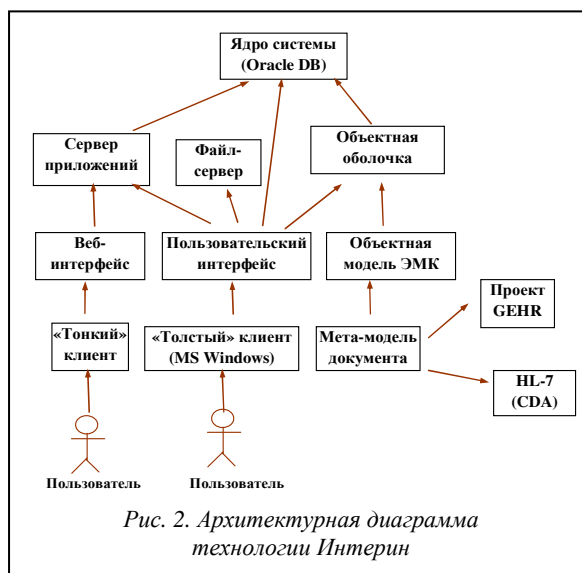


Рис. 2. Архитектурная диаграмма технологии Интерин

### Информационные объекты

Механизм *информационных объектов* (ИО) предназначен для централизованного представления метаданных и описания информационной модели предметной области. В его рамках стало возможным единообразное и системное решение вопросов доступа, отображения и обработки информации, пользовательского интерфейса.

С помощью этого механизма выделяется формализованный метауровень, назначение которого – описание структуры предметной области, включающей понятия и связи между ними (содержательная часть), а также способы манипулирования информацией (функциональная часть).

Механизм ИО представляет собой конструктор системы, позволяющий вводить новые объекты в ИС и определять их функциональность.

**ИО** – это совокупность семантически связанной информации, имеющей тип и уникальный ключ.

**Тип** ИО характеризуется названием и используется для классификации объектов. С типом связаны операция создания объекта и множество операций над объектами данного типа.

Для каждого типа могут быть определены **методы**, подобные методам классов в объектно-ориентированном программировании. Методы служат для доступа к содержимому объекта.

Определяются **составные** объекты, в которые входят другие объекты, и **атомарные**. Множество объектов, входящих в составной объект, называется **содержанием составного** объекта. В качестве содержания могут выступать другие составные объекты. Связи составного объекта с другими объектами, составляющими его содержание, называются **ссылками**. Каждый объект имеет **статус**, который определяет состояние объекта.

**Операцией** над объектом называется неделимая последовательность действий, изменяющих его содержимое и/или состояние (статус). Операции выполняются при помощи процедур и/или программных модулей.

Кроме того, определяются понятия:

– **жизненный цикл** – последовательность операций над объектом; **летопись** объекта – последовательность записей о выделенных операциях жизненного цикла объекта;

– **исполнитель** – лицо, выполняющее операции над объектами;

– **пользователь** – пользователь ИС (любой пользователь является исполнителем, но некоторые исполнители могут не являться пользователями);

– **метапользователь** – абстрактный исполнитель, который задается отношением на множестве исполнителей, например, сотрудник терапевтического отделения, медсестра, член ВТЭК, лечащий врач, дежурный врач, директор центра и т.п.;

– **право** – возможность метапользователя выполнять данную операцию;

– **рабочий стол** – механизм, определяющий отношение владения объектами для пользователя;

– **ярлык** – краткое описание содержимого объекта; ярлыки используются для получения минимальной информации о содержимом объекта, для выбора конкретного объекта из списка объектов, при поиске информации в системе.

Подсистема поддержки жизненного цикла ИО предназначена для выполнения обобщенных **действий** над всеми типами объектов в ИС. Такими действиями являются создание, пересылка, подписание, актуализация и деактуализация, унифицированный доступ и поиск, вызов программных модулей и процедур для выполнения специализированных действий.

Каждый объект существует на двух уровнях:

– на нижнем уровне – БД/ИС – определена структура документа, здесь хранится информация, составляющая содержание документа;

– на верхнем уровне хранится информация о документе: уникальный глобальный ключ, ссылка на содержание объекта, информация о состоянии и местонахождении объекта.

Механизм ИО также служит основой для функционирования унифицированного интерфейса Рабочий стол пользователя.

### Документы в МИС. Архитектура HL-X

В основе архитектуры *HL-X* лежит понятие документа *HL-X*. Документ *HL-X* – это свободно конструируемая по заданным правилам информационная структура из формализованных концептов предметной области.

В основе подхода лежит представление о необходимости поддержки ИС эволюционного процесса концептуализации предметной области.

Концептуально документ *HL-X* задается как множество моделей, раскрывающих его с различных точек зрения: понятийная модель, информационная модель (структурная модель), модель обработки данных документа, модель визуализации, функциональная модель документа, модель безопасности.

**Понятийная модель** представляет документ в виде структуры абстрактных и соответствующих им конкретных понятий. Она предоставляет следующие возможности:

1) определяет, какие понятия содержатся в документе и какими понятиями владеют БД или БЗ документов *HL-X*;

2) выполняет перевод понятийной модели на другие языки при наличии словарей;

3) является основой для добавления семантических связей на понятиях и использования технологий искусственного интеллекта для анализа свободных документов (тематический поиск информации, поиск неизвестных знаний – *Data Mining* и т.п.);

4) фактически самодокументирует документ и может использоваться как умолчательная визуализация документа.

**Информационная модель** представляет документ *HL-X* в виде структуры из различных ИО (концептов предметной области). Здесь под ИО в широком смысле понимаются некоторые абстрактные связанные элементы модели, аналогами которых в различных языках программирования являются объекты, записи, структуры и т.п. Наличие у документа структуры позволяет декомпозировать его на элементы и при необходимости манипулировать ими. Информационная модель служит основой для:

– конструирования документа из элементарных ИО;

– конструирования документа на основе имеющихся документов с учетом накопленных знаний о контекстах использования того или ино-

го объекта (понятия) путем полного или частично-го заимствования уже существующих информационных моделей;

– разбора и обработки данных документа (например, для структурированного хранения в реляционной БД или для экспорта и импорта данных, для усвоения знаний и пополнения БЗ непосредственно из экземпляров документов и их информационных моделей).

**Модели обработки данных** документа позволяют специфицировать обработку документа как единого целого в интересах конкретной ИС. Они определяют, какие именно данные нужно обрабатывать и как это делать. Модель обработки данных документа дополняет информационную модель документа конкретными, зависящими от ИС инструкциями. На базе модели выполняются все основные манипуляции с данными документа: разбор и хранение в БД, создание и редактирование документов, использование шаблонов и других документов в качестве источников данных.

**Модели визуализации** позволяют создавать различные визуальные представления данных документа. В основе визуальной модели лежит понятие визуальной компоненты как некоторой абстрактной элементарной формы представления данных. В различных конструкторах интерфейса аналогами визуальным компонентам служат компоненты визуальных палитр (таблицы, поля, панели, всевозможные элементы управления и т.п.). Основное назначение модели – создание абстрактного, не привязанного к конкретному программному языку или конструктору интерфейса описания представления данных документа в интерфейсе пользователя. Модель визуализации предназначена для:

– визуализации документа в конкретной реализации пользовательского интерфейса со свободными документами;

– предоставления совместно с функциональной моделью интерфейса для манипуляции данными документа.

**Функциональная модель** документа определяет возможные манипуляции с данными документа и соответственно поддерживает определенные ограничения на данные (целостность данных). К области компетентности этой модели отнесем:

– транзакционность – обработку документа и всех входящих в него объектов как единого целого в рамках одной транзакции;

– дисциплину коллективной работы над документом (пользовательские блокировки);

– определение возможных манипуляций над документом на основе данных самого документа (учет статуса и т.п.);

– целостность данных (обязательные элементы данных, домены возможных значений, контроль типов и форматов данных и т.п.).

**Модель безопасности** документа определяет права доступа к элементам данных и права на манипуляцию данными. В качестве структурного элемента документа, на который можно будет установить права доступа, предлагается принять элементарное понятие из понятийной модели. В информационной модели этому элементу доступа соответствует атрибут ИО или сам объект, а в визуальной модели – отдельное поле визуализации или ввода. Более элементарных целостных единиц данных, к которым можно было бы отнести доступ, в документе нет. На уровне структуры документа предложена самая сильная модель безопасности.

Документ *HL-X* рассматривается как единство всех этих моделей. Документ *HL-X* – это и сами данные, и организация данных в структуру, и знания, заключенные в структуре данных, и правила манипулирования данными, включая права доступа, и визуальное представление данных, и инструкции по обработке этих данных в ИС. Главное достоинство документа *HL-X* – высокий уровень абстракции этих моделей, делающих его независимым от конкретной ИС, БД, технологических средств разработки и средств доставки документа:

– документ *HL-X* может быть легко доставлен из одной ИС в другую с помощью любых каналов связи и средств доставки;

– документ *HL-X* может быть понят и интерпретирован пользователем без использования модели визуализации на основе своей понятийной модели, благодаря которой он фактически является самодокументируемым;

– модель обработки данных документа в каждой ИС может быть своя в зависимости от целей использования этих данных системой (степени их интеграции системой);

– моделей визуализации может быть много в соответствии с желаемыми представлениями данных.

Преимущества документов *HL-X*:

– свобода от конкретных, подверженных постоянно развитию и изменению технологий реализации ИС;

– самоценность документа *HL-X* как носителя модели информации, описывающей определенную предметную область, как носителя знания об этой предметной области;

– продление времени жизни модели документа в силу ее инвариантности по отношению к реализации документа *HL-X* в ИС;

– гибкость при реализации ИС на базе документов *HL-X* – возможность произвольного выбора БД (реляционной, постреляционной или объектной), технологий реализации интерфейса документа *HL-X*. В качестве языков реализации прототипа архитектуры были опробованы *Pascal*, *PL/SQL*, *JavaScript*, *Java*, *HTML*, *XML*;

– восприимчивость к инновациям в информационных технологиях; возможность быстрого переноса накопленных моделей документов HL-X в новую информационную среду без их существенных переделок и развертывания ИС на базе новых технологий.

Еще одна основная концептуальная идея архитектуры HL-X – **введение процесса концептуализации предметной области непосредственно в саму ИС** – как ответ на трудности, связанные с недостаточной формализацией и динамичностью предметной области (рис. 3).

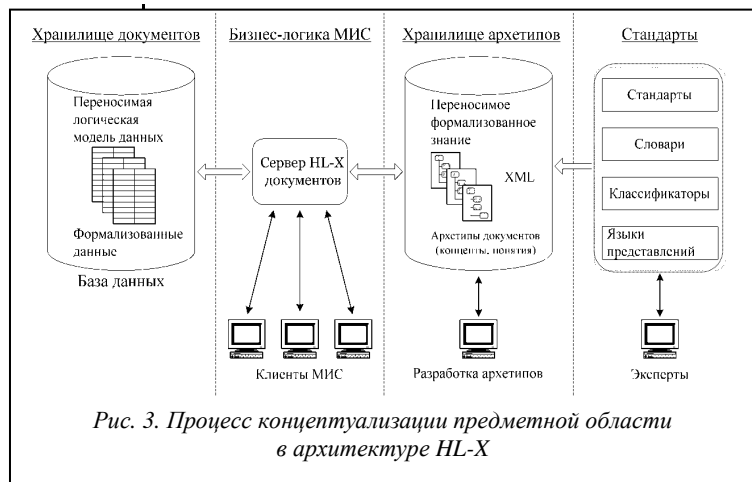


Рис. 3. Процесс концептуализации предметной области в архитектуре HL-X

### Информационная безопасность

На государственном уровне все большее значение придается обеспечению информационной безопасности персональных и медицинских данных. Исследования направлены на создание эффективной *подсистемы информационной безопасности* (ПИБ), обеспечивающей разделение доступа к данным в зависимости от полномочий пользователей и выделение/мониторинг прав и ролей, предоставляющей возможности настройки

политики безопасности, а также гарантирующей сохранность данных и обеспечивающей контроль над функционированием системы и над действиями пользователей.

Построение адекватной схемы защиты данных в конкретном случае является поиском компромисса между конфиденциальностью, целостностью и доступностью данных с учетом специфики работы МИС ЛПУ как системы массового обслуживания.

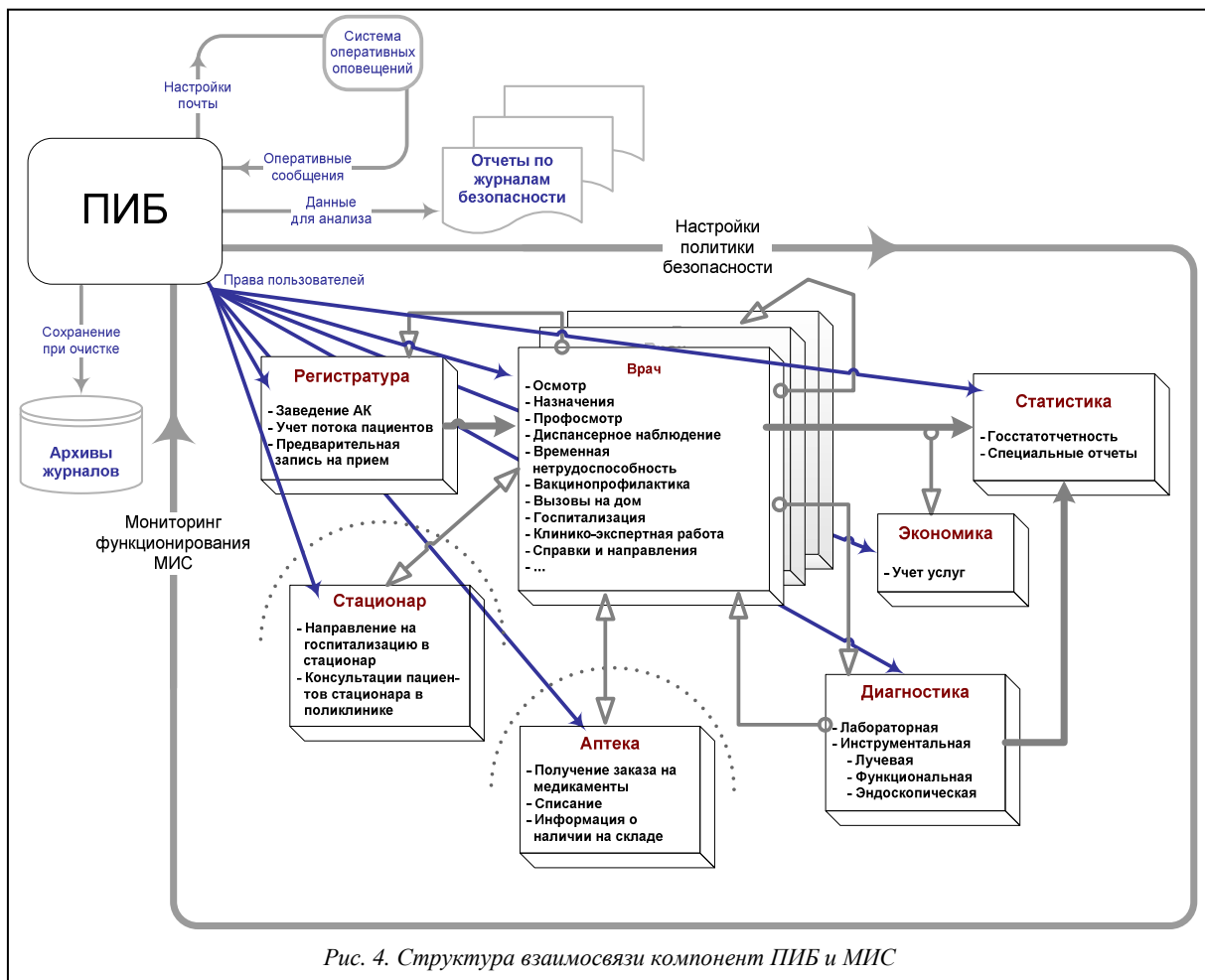


Рис. 4. Структура взаимосвязи компонент ПИБ и МИС

В настоящее время ПИБ представляет собой завершённое решение в рамках типовой МИС семейства Интерин.

ПИБ основывается на модели угроз и модели нарушителя, разработанной для типового ЛПУ.

ПИБ МИС представляет собой комплекс организационных, технологических, технических и программных мер и средств защиты информации (рис. 4):

- программные меры защиты информации реализованы программными компонентами и механизмами ПИБ;

- технические меры защиты информации обеспечены техническими средствами защиты (описание необходимых для использования средств защиты и их настроек приводится в эксплуатационной документации МИС);

- организационные меры защиты информации обеспечены выполнением персоналом порядков и регламентов для различных действий при эксплуатации МИС (описание необходимых организационных мер и регламентов работы приводится в эксплуатационной документации МИС);

- управление полномочиями пользователей, настройка политики безопасности, а также оперативный и ретроспективный контроль за действиями пользователей МИС и потенциально опасными событиями обеспечиваются выделенным рабочим

местом – АРМ администратора информационной безопасности. Для независимости функционирования от МИС программное обеспечение рабочего места администратора строится на системных таблицах БД и для выполнения своих функций использует встроенные механизмы СУБД.

Схема на рисунке 5 иллюстрирует взаимодействие технических, организационных и программных компонент ПИБ МИС.

Теоретические исследования и практические разработки обусловили создание технологии построения МИС, включающей комплекс инструментальных средств, технологических решений и методик создания интегрированных ИС ЛПУ, которая впоследствии получила название *технология Интерин*. МИС семейства Интерин представляет собой интегрированную информационную и функциональную среду и обеспечивает информационную поддержку всех служб ЛПУ.

### Интерин PROMIS

Интерин *PROMIS* – типовой вариант МИС, созданной на основе технологии Интерин. Свойства системы Интерин *PROMIS* позволяют использовать ее практически в любом ЛПУ. Внедрение системы предполагает установку типового варианта МИС, ее настройку и адаптацию к специфике ЛПУ, настройку рабочих мест пользовате-

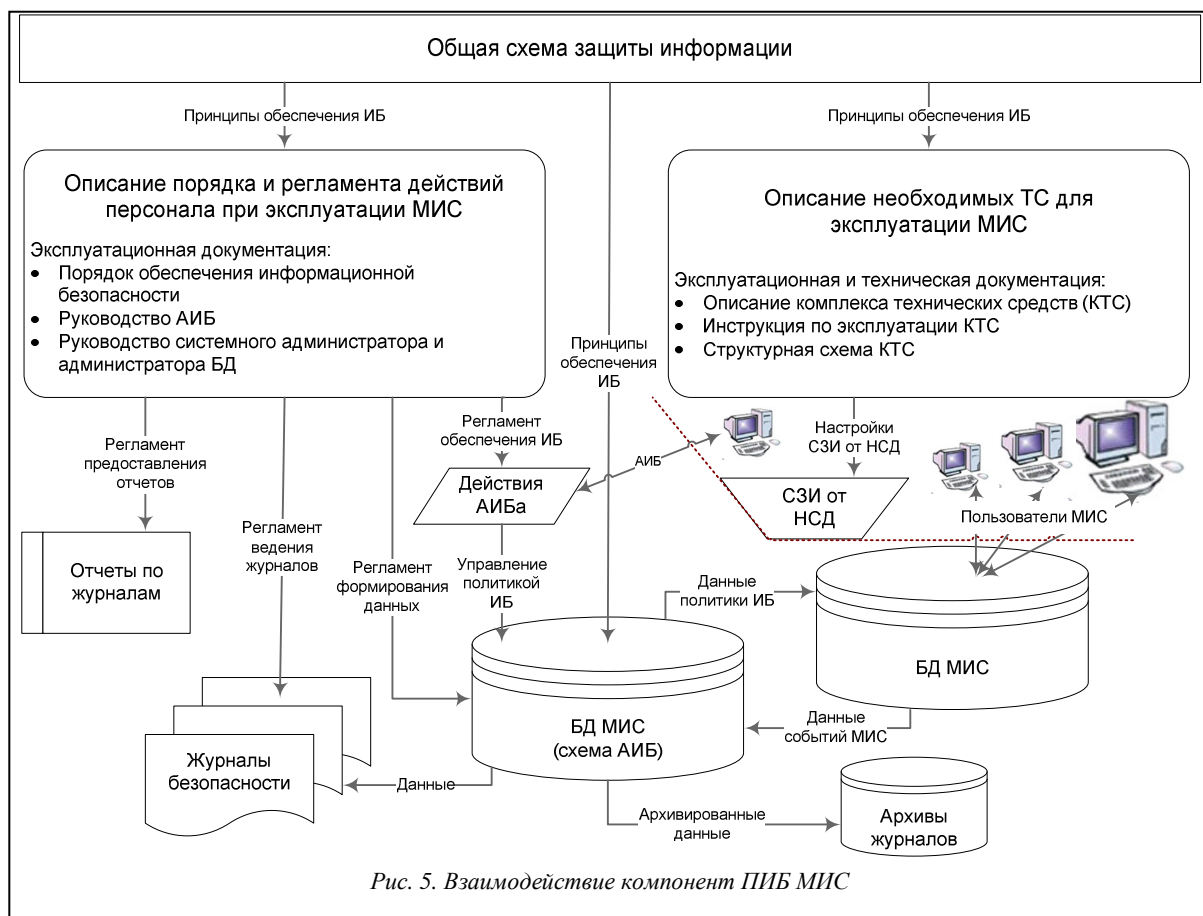


Рис. 5. Взаимодействие компонент ПИБ МИС

лей, обучение персонала и последующее сопровождение работы МИС. Система Интерин *PROMIS* имеет Свидетельство Министерства здравоохранения РФ о пригодности к использованию в организациях здравоохранения России.

Основные свойства и возможности МИС Интерин *PROMIS* следующие.

- Полная номенклатура АРМ медицинского персонала разных специальностей. Масштабируемость системы и возможность настройки рабочих мест под конкретные задачи пользователя.

- Интеграция информационных потоков, обеспечивающая актуальность, целостность и непротиворечивость информации.

- Концентрация информации вокруг пациента. Возможность просмотра и анализа информации о пациенте в различных представлениях, сгруппированной тем или иным образом.

- Единое пространство услуг. Вводит систему формальных понятий, к которым можно привести весь спектр действий, выполняемых медицинским персоналом.

- Представление динамики медицинской информации, мониторинг лечебно-диагностического процесса.

- Автоматизация оформления документации: множественное использование данных без дублирования, автозаполнение, использование шаблонов документов, ввод данных в специализированных формах без форматирования с последующим автоматическим формированием документов, планирование технологической лечебно-диагностической цепочки.

- Автогенерация статистических отчетов, динамические подборки документов на Рабочем столе и сводки за период или на дату, формируемые для печати.

- Редактируемые справочники для наполнения предметной информацией, позволяющие настраивать и модифицировать МИС при внедрении или изменении бизнес-процессов.

- Использование новейших разработок в области представления и передачи медицинских данных, дающие возможность взаимодействовать с программными продуктами сторонних разработчиков и с ИС других медицинских учреждений.

- Применение элементов телемедицины, обеспечивающее снижение стоимости лечебного процесса, преодоление профессиональной изоляции, улучшение качества лечения.

- Система управления визуальной информацией для диагностических и отчетных целей, включая удаленный доступ к хранилищам данных.

Функциональные подсистемы МИС Интерин *PROMIS*: клиническая подсистема, амбулаторно-поликлиническая подсистема, аналитическая подсистема, экономическая подсистема, лабораторная

подсистема, регистратура, стоматология, хранение и передача графических данных, аптека, лечебное питание, отдел кадров, удаленный доступ к Рабочему столу, администрирование МИС.

### Внедрения

Первая прикладная МИС, созданная с использованием технологии Интерин, была установлена в Медицинском центре Банка России в 1996 году, с этого времени эксплуатируется и развивается. В настоящее время все подразделения и службы Медицинского центра Банка России, включая поликлинику, стационар и диагностический центр, оснащены МИС, основанной на технологии Интерин, и работают в едином информационном пространстве. Система насчитывает около 1 300 пользователей.

Впоследствии ИС на базе технологии Интерин были оснащены и некоторые другие крупные ЛПУ:

- ИС управления (ИСУ) республиканской больницы № 1 Национального центра медицины Министерства здравоохранения Республики Саха (Якутия) «КИС НЦМ»,

- ИСУ ЦКБ № 1 ОАО «Российские железные дороги»,

- МИС «Амбулатория», основанная на технологии Интерин, амбулаторно-поликлинических учреждений ГУ Банка России по Вологодской, Костромской, Омской, Нижегородской областям, Республике Марий Эл и Приморскому краю,

- ИСУ ФГУ «Российский кардиологический научно-производственный комплекс МЗ РФ»,

- ИСУ ФГУ «Клиническая больница» Управления делами Президента РФ,

- ИСУ ФГУ «Поликлиника № 3» Управления делами Президента РФ.

В данной работе приведены описание и взаимосвязь основных архитектурных и системных решений технологии Интерин, эффективность которых доказана успешной эксплуатацией многочисленных ИС, построенных на этой технологии.

Основные результаты исследований и разработок изложены в многочисленных публикациях, обновляемый список которых можно найти на сайте ([www.interin.ru](http://www.interin.ru)) Исследовательского центра медицинской информатики ИПС РАН.

### Литература

1. Интегрированная распределенная информационная система лечебного учреждения (ИНТЕРИН) / Я.И. Гулиев [и др.] // Программные продукты и системы. 1997. № 3.

2. Гулиев Я.И. Интерин-технология для создания медицинских информационных систем // Программные продукты и системы. 2008. № 2.

3. Айламазян А.К., Гулиев Я.И. Данные, документы и архитектура медицинских информационных систем // Информатизация процессов охраны здоровья населения-2001: тез. докл. Междунар. форума. М., 2001. С. 141–142.

4. Малых В.Л., Пименов С.П., Хаткевич М.И. Объектно-реляционный подход к созданию больших информационных систем // Программные системы: Теоретические основы и приложения: тр. Междунар. конф. / ИПС РАН, Переславль-Залесский; под ред. А.К. Айламазяна. М.: Наука. Физматлит, 1999. С. 177.
5. Гулиев Я.И., Малых В.Л. Архитектура HL-X // Программные системы: теория и приложения: тр. Междунар. конф. / ИПС РАН, Переславль-Залесский; под ред. С.М. Абрамова. В 2 т. М.: Физматлит. 2004. Т. 2. С. 147.
6. Особенности решения проблем информационной безопасности в медицинских информационных системах / Г.И. Назаренко [и др.] // Врач и информационные технологии. 2007. № 4. С. 39–43.
7. Назаренко Г.И., Гулиев Я.И., Ермаков Д.Е. Медицинские информационные системы: теория и практика; под ред. Г.И. Назаренко, Г.С. Осипова. М.: Физматлит, 2005. С. 320.
8. Назаренко Г.И., Гулиев Я.И. Информационные системы в управлении лечебно-профилактическим учреждением // Врач и информационные технологии. 2006. № 4. С. 64–67.
9. Гулиев Я.И. Медицинская информатика в ИПС РАН // Программные системы: теория и приложения: тр. Междунар. конф. / ИПС РАН, Переславль-Залесский; под ред. С.М. Абрамова. В 2 т. М.: Физматлит. 2004. Т. 1. С. 53.