

**В.О. НОВИЦКИЙ,**

д.т.н., проф. кафедры «Информатика и вычислительная техника пищевых производств» ФГБОУ ВО «МГУПП», заместитель генерального директора по информационно-аналитической работе МЧУ ДПО «Нефросовет», Москва, Россия, e-mail: vob60@mgupp.ru, v.o.noviitskiy@nefrosovnet.ru

А.С. ГАЛЧЁНКОВ,

аспирант ФГБОУ ВО «МГУПП», начальник информационно-аналитического отдела МЧУ ДПО «Нефросовет», Москва, Россия, e-mail: a.s.galchenkov@nefrosovnet.ru

А.В. МАЛКОЧ,

к.м.н., доц. кафедры «Нефрология и гемодиализ» РМАНПО, проф. кафедры «Терапия и детские болезни» ФГБОУ ВО «МГУПП», врач высшей категории, ведущий медицинский аналитик МЧУ ДПО «Нефросовет», Москва, Россия, e-mail: a.v.malkoch@nefrosovnet.ru

А.Н. ЧЕМЕРИС,

к.м.н., медицинский директор МЧУ ДПО «Нефросовет», Москва, Россия, e-mail: a.n.chemeris@nefrosovnet.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА MAXIMUS ДЛЯ МЕДИЦИНЫ И ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

УДК 002.53:004.89

Новицкий В.О., Галчёнков А.С., Малкоч А.В., Чемерис А.Н. *Интеллектуальная информационно-аналитическая система Maximus для медицины и здравоохранения* (ФГБОУ ВО «МГУПП», МЧУ ДПО «Нефросовет», Москва, Россия)

Аннотация. В статье рассмотрены актуальность, назначение, функции и возможности интеллектуальных информационно-аналитических модулей систем управления лечебно-диагностическими процессами на основе использования системы Maximus в региональной сети клиник концерна Нефросовет, а также применительно к медицине и здравоохранению России в целом. Обоснована важность автоматизации сбора информации, начиная от процесса диагностики и лечения и до среднего и верхнего уровней анализа и отчётности. Представлена линейка программных сервисов бизнес-аналитики и системы поддержки принятия решений на примере нефрологической службы с гемодиализом, осложнениями и сопутствующими заболеваниями: центр управления процессами, визуальный анализатор параметров ЛДП и репортинг, аналитический регистр пациентов, диагностическая машина, причинно-следственная модель пациента, программы диагностики и лечения и др. Архитектура системы является сервис-ориентированной, многоплатформенной. Описаны структуры подсистем BI и СППР Maximus, а также архитектура одного из основных сервисов – программ диагностики и лечения. Приведены используемые современные информационные технологии для управления бизнес-процессами, показаны некоторые пользовательские интерфейсы и решения.

Ключевые слова: медицина, здравоохранение, лечебно-диагностический процесс, интеллектуальная информационно-аналитическая система, Maximus, Нефросовет, клиника, нефрология, гемодиализ, причинно-следственная модель пациента, эффективность, контроль, BI, СППР, центр управления процессами, визуальный анализатор, репортинг, аналитический регистр, диагностическая машина, бизнес-процесс, программный модуль, виджет, витрина, Data Mining, СУБД, хранилище, база данных, база знаний, формализация, национальные клинические рекомендации, Web-сервис, сервер приложений.

UDC 002.53:004.89

Novitskiy V.O., Galchenkov A.S., Malkoch A.V., Chemeris A.N. *Maximus Intellectual Information and Analytical System for Medicine and Healthcare* (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Food Production", Private Medical Foundation of Additional Professional Education "Nefrosovet")

Abstract. This article discusses the relevance, purpose, functions and capabilities of intelligent information and analytical modules of diagnostic and treatment processes management systems, on the base of the use of Maximus system in the regional network of clinics of Nefrosovet group, as well as in relation to medicine and healthcare in Russia as a whole. It justifies the importance of automating the data collection, starting from the diagnosis and treatment process to the middle and upper levels of analysis and reporting. Article presents a line of business intelligence software services and decision support systems – process control center, visual analyzer of DTP parameters and reporting system, analytical patient registry, diagnostic machine, causal patient model, diagnostic and treatment programs, etc., using the nephrology service with hemodialysis, treatment of complications and associated diseases as an example. The architecture of presented system is service oriented and multiplatform. Article also describes the structures of Maximus BI and DSS subsystems, as well as the architecture of one of the main services – diagnostic and treatment programs. Article shows modern information technologies for managing business processes used in the system, as well as selected user interfaces and solutions.

Keywords: medicine, healthcare, diagnostic and treatment process, intellectual information and analytical system, Maximus, Nefrosovet, clinic, nephrology, hemodialysis, causal patient model, efficiency, control, BI, DSS, process control center, visual analyzer, reporting, analytical registry, diagnostic machine, business process, software module, widget, datamart, Data Mining, DBMS, storage, database, knowledge base, formalization, national clinical guidelines, Web-service, application server.

Достоверность информации является крайне важным фактором для любой системы управления, особенно для такой социально значимой области, как медицина и здравоохранение. И обеспечить её можно только если лечебно-диагностический процесс (ЛДП) вовлечен в систему здравоохранения. Поэтому информационно-аналитическая система должна строиться, начиная со сбора данных лечебно-диагностического процесса.

Интеллектуальная информационная система управления лечебно-диагностическим процессом *Maximus* [1], разработанная IT дивизионом концерна «Медицинское частное учреждение дополнительного профессионального образования «Нефросовет» (далее Нефросовет), работает в нескольких десятках клиник концерна в регионах России: поликлиниках, амбулаторных отделениях гемодиализа, дневных и круглосуточных стационарах, лабораториях, отделениях реанимации, выездных нефрологических бригадах и других видах медицинской помощи. Таким образом, концерн Нефросовет представляет собой подобие «Мини-Минздрава» с центральным офисом и 10 региональными филиалами с перспективой дальнейшего развития.

Основной принцип *Maximus* – эффективная медицина. Система призвана интегрировать медицину и здравоохранение, поэтому одна из целей – повышение эффективности единой системы медицины и здравоохранения, то есть лечить и при этом уметь считать ресурсы. Это заложено в информационно-аналитический инструментарий системы *Maximus*.

Информационный слой системы построен на транзакционной СУБД и включает, с одной стороны,

OLTP подсистему, и с другой – хранилище данных, которое является хранилищем анамнезов, амбулаторных карт, историй болезней пациентов и др. документов. Оно будет связано с другими системами хранения медицинской информации о пациентах, включая ЕГИСЗ.

Базы данных (подсистем OLTP и хранилища) ориентированы на оперативную, тактическую и стратегическую бизнес-аналитику и поддержку принятия решений, поэтому *Maximus* является комплексной информационно-аналитической, интеллектуальной системой. Располагает не только инструментами BI, но и выдаёт рекомендации для поддержки принятия решений врачей и менеджеров здравоохранения, то есть обладает компонентами СППР по диагностике и выработке программ лечения [2, 3].

Сбор данных в системе нацелен на полную автоматизацию (рис. 1). Можно отследить любые данные с любого аппарата, подключенного к системе, параметры прикроватного оборудования, используя любые средства визуализации и идентификации пациента (камеры, картридеры), а также звуковой опрос жалоб и т.п.. Система следует принципу, что максимально достоверная и оперативная информация – это автоматически собранная и формализованная информация. Это также способствует снижению трудозатрат медицинского персонала по вводу информации.

Архитектура системы *Maximus* – сервис-ориентированная, мультиплатформенная, мультибраузерная, построенная на облачных технологиях.

Линейка продуктов BI – аналитического инструментария *Maximus* включает 4 подсистемы: центр

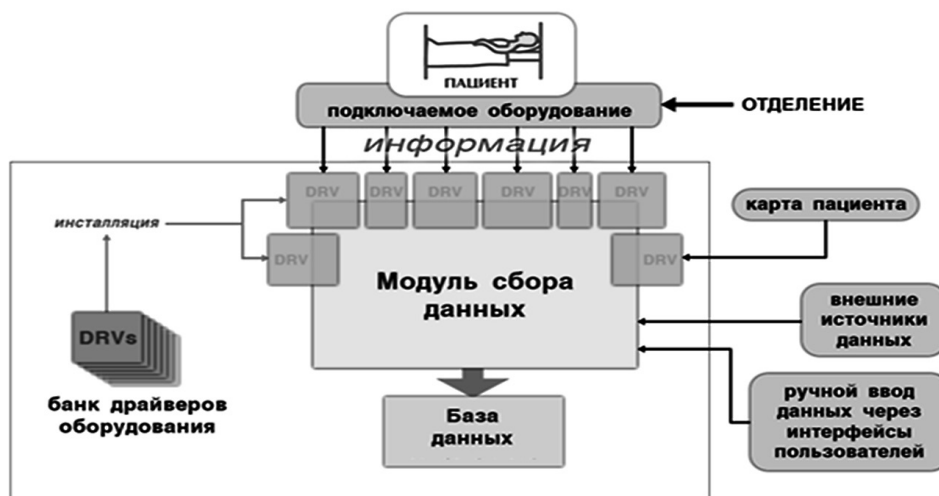


Рис. 1. Автоматизация сбора данных о пациенте.



управления процессами (ЦУП); визуальный анализер и репортинг; аналитический регистр пациентов и подсистема извлечения знаний (Data Mining).

Первый из них, востребованный не только в России, но и за рубежом – это ЦУП (рис. 2), где идет online видеопоток из отделений, от диализных мест в амбулаториях, то есть из любых точек, интересующих центральный офис или филиалы. Поэтому есть возможность контролировать все, что происходит, причем на видеопоток накладывается информация о параметрах пациентов, параметрах действий медицинского персонала и др. Таким образом, пользователи получают интегрированные визуальный и аналитический потоки информации. Это позволяет принимать решения в режиме реального времени.

Визуальный анализер позволяет в динамике и на конкретные моменты времени получить поверхности множеств параметров состояния пациентов, оборудования, расхода препаратов, деятельности персонала за период в отделении, в клинике, достижения целевых показателей, отклонения от нормы. Можно показать для каждого отдельного пациента изменения и отклонения по любым параметрам, которые выявлялись в ходе лечебно-диагностического процесса, посмотреть, какое этому соответствовало лечение, раскрыть конкретные

данные исследований и воздействий на конкретные интересующие даты и случаи, в виде графиков разложить и увидеть, почему так происходит и с чем это связано. Репортинг позволяет получать любую отчетность по заданной группе признаков с требуемой детализацией и историчностью данных, в нужном масштабе группировки в рамках отделения, клиники и концерна, в любой проблемной области интересующего региона. Например, можно провести анализ очередей в поликлиниках с детализацией по конкретным специалистам, по видам медицинской помощи и типам обращений. Далее, можно проанализировать загрузку персонала, посмотреть, как врачи разных профилей, начиная от врачей общей практики, терапевтов и др. специалистов, загружены в течение дня, недели, месяца. Оценить, как работает стационар, как его деятельность связана с тяжестью пациентов и как это отражается на KPI медицинских работников. Построив соответствующие отчеты, можно проанализировать, какие затраты связаны, например, с процедурами гемодиализа, коррекцией осложнений, дополнительными исследованиями и др. Визуальный анализер и репортинг реализованы в виде аналитических витрин (в Power BI) и гиперкубов (OLAP). Одна из витрин Maximus показана на рис. 3.



Рис. 2. Подсистема «Центр управления процессами» (ЦУП).



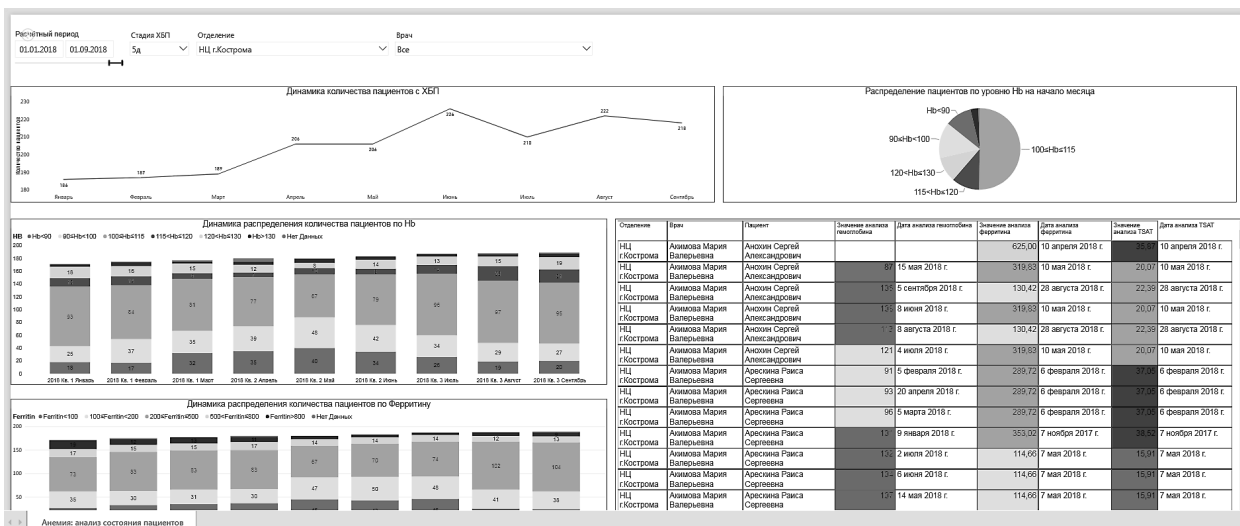


Рис. 3. Анемия при ХБП, анализ состояния пациентов.

Аналитический регистр пациентов – это инструмент статистического мониторинга пациентов по составу, клиникам, регионам, группам заболеваний, расходу ресурсов, результатам их использования для выявления актуальных проблем и планирования мероприятий и ресурсов по их решению. Можно посмотреть демографию и специфику сложности пациентов по регионам (филиалам) и др.

Подсистема извлечения знаний в Maximus использует данные статистики лечения пациентов клиник Нефросовета за весь период существования медицинского концерна, а также может работать на любых сформированных Data Set на основе достоверных данных любых клиник – потенциальных пользователей системы. Подсистема реализована на базе пакета R и использует нейросетевые технологии, а также корреляционно-регрессионный и дисперсионный анализ (когда можно подобрать функции аппроксимации или кусочно-линейные участки). В случае получения адекватных моделей данная интеллектуальная подсистема даёт возможность использовать полученные зависимости, например, доз препаратов от параметров состояния пациентов или параметров управления от отклонений от регламентов, в подсистеме поддержки принятия решений (СППР).

Важнейшей и самой перспективной интеллектуальной компонентой системы Maximus является её СППР, которая выдаёт рекомендации «что делать?». Структура СППР системы Maximus показана на рис. 4. Она включает разработанную базу знаний или, иначе, базу формализованных правил диагностики и лечения, масштабированную, начиная

от классов и медицинских профилей по международному классификатору заболеваний МКБ-10 до синдромов и конкретных заболеваний. СППР построена на основе национальных и международных клинических рекомендаций, медицинских стандартов лечения и др. нормативно-правовых актов в соответствии с действующим законодательством РФ, а также на основе опыта ведущих медицинских экспертов и реализована в виде продукционной модели математической логики и экспертной системы (весовых коэффициентов и порогов достоверности) [4, 5]. Данный функционал реализован в виде набора сервисов: «Диагностическая машина» (выдаёт диагностические гипотезы и рекомендации по дополнительным исследованиям), «Светофор» классов и медицинских профилей заболеваний, программы диагностики и лечения (ПДЛ) заболеваний, оптимизации логистики и затрат, интеллектуальный справочник и др.

Выявление, например, класса и профиля заболеваний отражается в виджете медицинского «Светофора» (рис. 5). С его помощью врач терапевт на первичном приёме пациента может сразу определить, к какому профилю относится предполагаемое заболевание и направить к соответствующему специалисту: нефрологу, кардиологу, эндокринологу или др., в первую очередь и в дальнейшем.

В СППР создан интеллектуальный справочник, который может использоваться врачами как в оперативном режиме, так и для повышения квалификации и консультирования: «что это может быть?», «к чему приведет?», «от чего зависит?» и т.д.

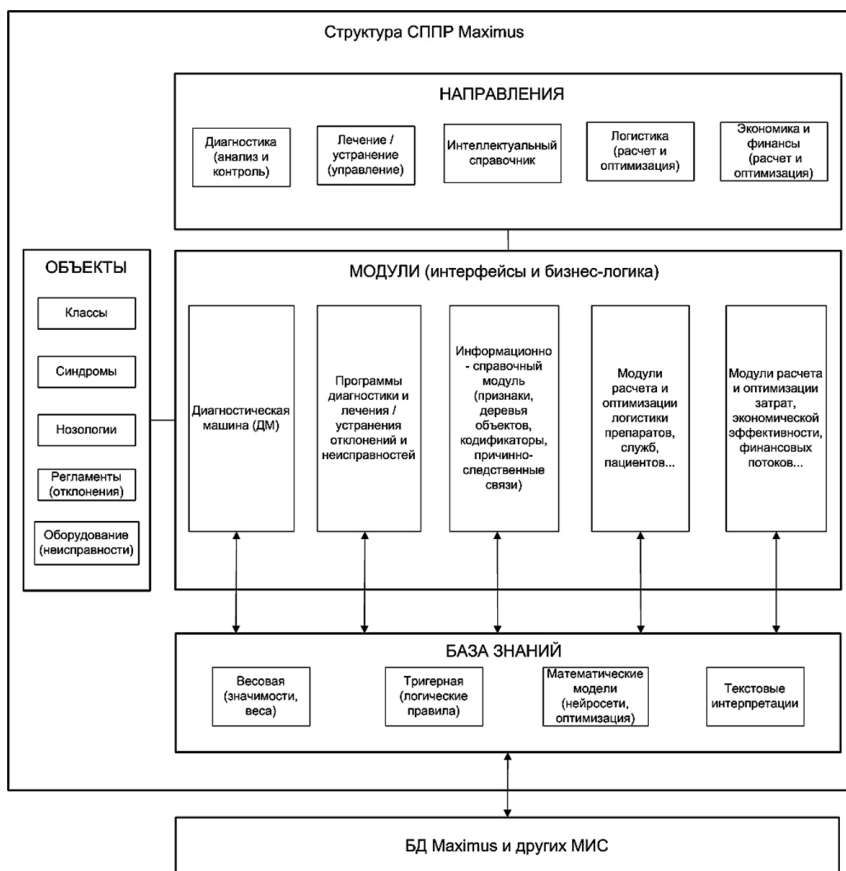


Рис. 4. Структура компонентов СППР системы Maximus.

Диагностика: выявленные классы МКБ 10 Иванов С. А.

Классы	Системы	Органы				
A00-B99	C00-D48	D50-D89	E00-E90	F00-F99	G00-G99	H00-H59
H60-H95	I00-I99	J00-J99	K00-K93	L00-L99	M00-M99	N00-N99
O00-O99	P00-P96	Q00-Q99	R00-R99	S00-T98	V01-Y98	Z00-Z99

Рис. 5. Виджет медицинского «Светофора».

Реализованная в СППР автоматизированная диагностика по системам, органам, синдромам и заболеваниям, включая дифференциальную диагностику в области нефрологии и осложнений разного профиля на основе созданной в Maximus формализованной медицинской базы знаний полезна для врачей (в первую очередь региональных) клиник,

для менеджеров здравоохранения в целях контроля соответствия лечения стандартам и клиническим рекомендациям, страховым компаниям для оплаты лечения, пациентам для контроля и понимания.

В составе СППР Maximus реализован функционал причинно-следственного моделирования и прогнозирования заболеваний, их осложнений



и состояния пациента в зависимости от лечения. Это так называемая причинно-следственная модель пациента (рис. 6). По определённым критериям автоматически рассчитываются активности и опасности заболеваний в диагнозе, а также тяжесть состояния пациента. На основе причинно-следственной модели пациента можно увидеть возможные причины заболеваний в диагнозе, а также, имитируя планируемое лечение путём изменения активности тех или иных заболеваний, увидеть вероятностный прогноз

возможных последствий: улучшений или осложнений. Данные для модели получены и обработаны на основе большого объёма научно-практической работы, проведённой с ведущими экспертами, а также на основе накопленной статистики в системе Maximus за несколько лет работы в клиниках Невросовета, а также ряда других клиник. Модель полезна для лечащих врачей, медицинских экспертов, врачей-консультантов, научно-практических изысканий и новых решений в медицине.

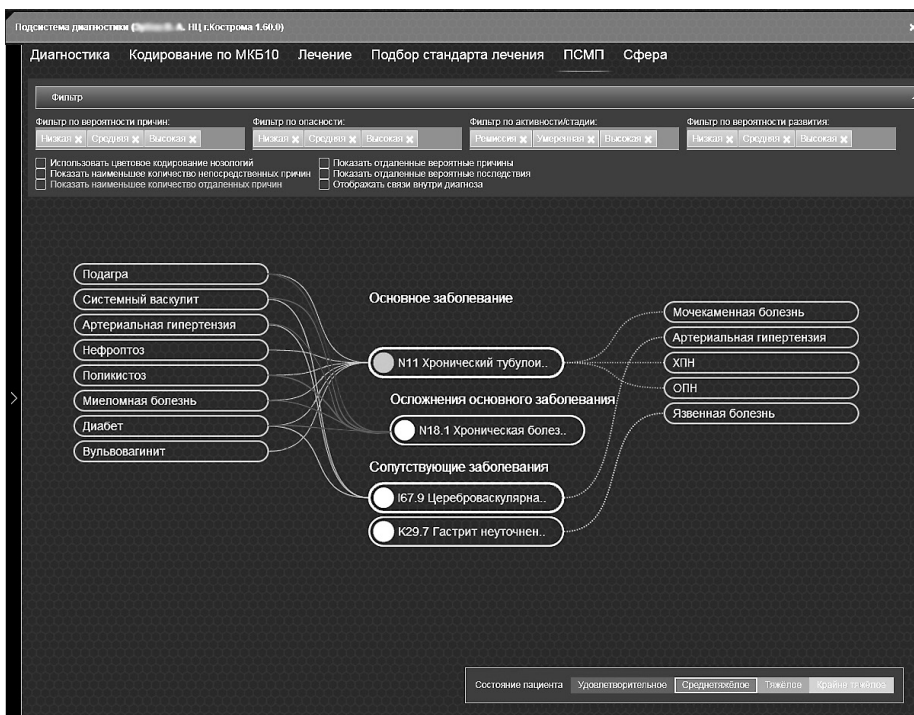


Рис. 6. Виджет «Причинно-следственная модель пациента».

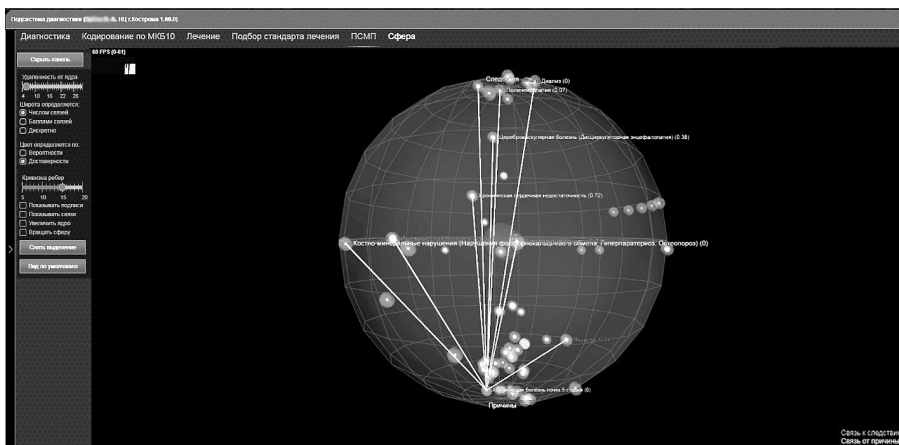


Рис. 7. 3D модель «Диагностический шар».



Web-интерфейс причинно-следственного функционала сервиса диагностики СППР включает также виджет в виде 3D модели – «Диагностического шара» (рис. 7), где в центре находится продиагностированные «Диагностической машиной» заболевания, разноцветными линиями разной толщины присоединены причины и возможные более сильные или менее сильные осложнения. Размеры шариков внутри «Диагностического шара» говорят о вероятности заболеваний и выраженности симптомов.

Наряду с функциями аналитической диагностики и прогнозирования в системе Maximus реализованы несколько типов сервисов (серверов приложений), реализующих бизнес-процессы ведения пациентов: программы диагностики и лечения (коррекции) осложнений ХБП (гипертензии, костно-минеральных нарушений, анемии, хронической сердечной недостаточности, ишемической болезни сердца), сопутствующих заболеваний (в т.ч. диабета), сервисы диагностики классов и профилей заболеваний, синдромальной диагностики, контроля выполнения регламентов лечения и логистики. Архитектура сервисов ПДЛ показана на рис. 8. Система Maximus, в той или иной конфигурации, может быть применена для различных областей медицины и здравоохранения. Во-первых, и это, пожалуй, самое главное для контроля правильности оказания медицинской помощи на основе клинических рекомендаций и стандартов. Это как

раз та аргументационная основа, которой должны придерживаться как врачи, так и менеджеры здравоохранения, страховые компании, работающие в ОМС и ДМС.

Система также предназначена для регламентации и возможности оптимизации бизнес-процессов, как медицинских, так и обеспечивающих. Это – планирование ресурсов, на основе накопления статистики, чтобы знать, куда и какие лекарственные средства необходимо направить. Система может быть использована для оценки качества оказания медицинских услуг для компаний, работающих в ОМС и ДМС. Также система предназначена для пациентов как комплекс телемедицинских и информационных услуг диагностики и лечения. Это не означает самолечение. Это значит, что система обеспечивает удалённые услуги и телекоммуникацию: «врач – пациент», «врач-врач», «врач – сестра».

Сферы применения интеллектуальной информационно-аналитической системы Maximus – это, соответственно, медицинские учреждения, страховые компании, общественные организации, включая пациентские и каждого отдельного пациента, это форумы и ассоциации врачей, а также региональные и федеральные органы управления здравоохранением. Примером последнего является информационное и организационное обеспечение на основе системы Maximus нефрологических служб нескольких крупных регионов РФ.

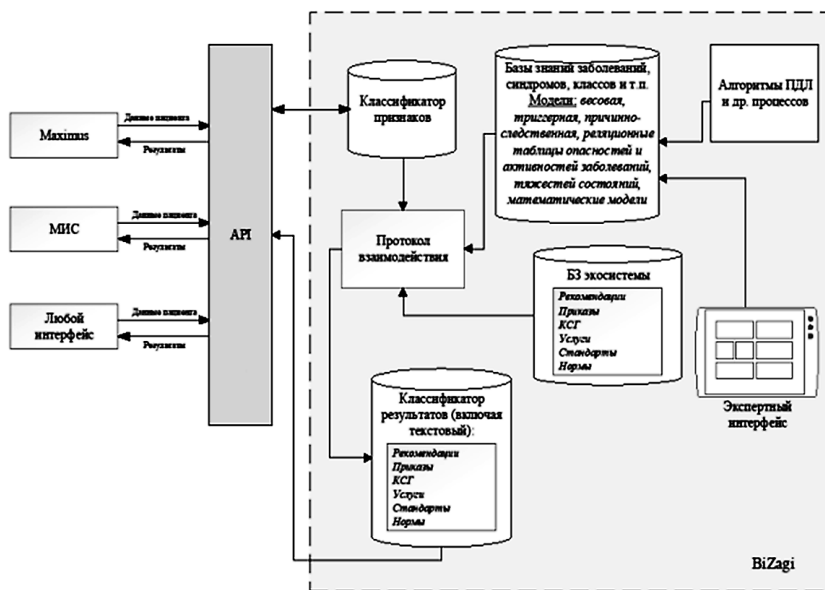


Рис. 8. Архитектура сервисов бизнес процессов диагностики и лечения (ПДЛ).



В системе Maximus реализована широкая функциональность, и при этом обеспечивается комплексное решение вопросов *эффективности* медицины и здравоохранения. Пока, правда, не в полном объеме, но динамичный вектор задан и большие наработки имеются и внедрены в клиниках Нефросовета, нескольких частных, государственных и ведомственных медицинских организациях. В отличие от стандартных продуктов на рынках ВІ, СППР

и МИС в целом [6], система Maximus нацелена на интеграцию здравоохранения и медицины. На конкурсе Аналитического Центра при Правительстве Российской Федерации «Лучшие информационно-аналитические инструменты 2017» Интеллектуальная информационная система управления лечебно-диагностическим процессом «Maximus» заняла 1 место в номинации «Лучшее информационно-аналитическое решение в сфере здравоохранения».

ЛИТЕРАТУРА



1. Новицкий В.О., Таронишвили Э.Ю., Шилов Е.М. Автоматизированная информационная система управления лечебно-диагностическим процессом Maximus / Врач и информационные технологии. – М.: Изд-во «Менеджер здравоохранения». – 2014. – № 1. – С. 18–31.
2. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. – СПб.: «Питер», 2009. – 624 с.
3. Баин А.М. Современные информационные технологии поддержки принятия решений: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ», 2009. – 240 с. (Высшее образование).
4. Новицкий В.О. Постановка задачи и описание системы поддержки принятия решений для управления лечебно-диагностическим процессом на примере отделений нефрологии и гемодиализа / Врач и информационные технологии. – М.: Изд-во «Менеджер здравоохранения». – 2013. – № 2. – С. 16–21.
5. Новицкий В.О., Толченников Е.Ю. Создание многопрофильной диагностической экспертной системы для использования в медицине, пищевой промышленности и других отраслях // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XVIII Международной науч.-практ. конф. Ч. 2. – СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та. – 2014. – С. 37–41.
6. Харанен Л.М., Гусев А.В. Обзор ВІ-платформ для применения в проектах информатизации здравоохранения / Менеджер здравоохранения. – 2015. – № 10. – С. 41–53.

Новости отрасли

«Национальная база медицинских знаний» опубликовала перевод международных рекомендаций IMDRF по регулированию программных медицинских изделий

IMDRF – это ведущее мировое сообщество государственных регуляторов в сфере медицинских изделий разных стран мира, созданное в 2011 году. Деятельность IMDRF направлена на сближение регуляторной деятельности, обеспечения безопасности, эффективности и качества медицинских изделий, содействию внедрению технологических инноваций, укреплению глобального партнерства в области международной торговли.

Начиная с 2013 г., IMDRF разработал 4 документа, касающихся программного обеспечения как медицинского изделия. Учитывая важность гармонизации законодательства Российской Федерации с международными практиками и методическими документами, в которых идет поиск баланса между обеспечением безопасности и эффективности медицинского программного обеспечения и созданием условий для развития рынка, ассоциация «Национальная база медицинских знаний» перевела эти документы и опубликовала на своем сайте по адресу: <http://nbmz.ru/2018/12/24/perevod-mezhdunarodnyh-rekomendacij-imdrf/>.