

## КЛАССИФИКАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ И МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

<sup>1</sup>Насыров Р.В., <sup>1</sup>Тиунов И.С., <sup>2</sup>Тиунов О.С.

<sup>1</sup>ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, Россия (410012, Уфа, ул. Карла Маркса, 12), e-mail: tiunov\_igor@mail.ru

<sup>2</sup>ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия (119991, Москва, Ленинский проспект, 4)

---

Выявлена тенденция формирования научно-технического направления «Медицинские системы автоматизированного проектирования». В государственных стандартах по системам автоматизированного проектирования (САПР) отсутствует раздел, посвященный проектированию биологических объектов, т.к. эти стандарты отражают состояние науки и техники 80-х годов прошлого века. Современное развитие компьютерной техники позволяет применить теорию традиционных (технических) систем автоматизированного проектирования в области биологии и медицины. Приведена классификация биологических и медицинских САПР. Для комплексного изучения и представления данного научно-технического направления разработана система координат биологических САПР в виде диаграммы Штейнберга. Сформулированы особенности состава и структуры медицинских САПР. Приведен пример возможной структуры медицинской САПР. Описаны отличительные особенности технического, математического, программного, методического, организационного, правового, эргономического, информационного и лингвистического обеспечения медицинских САПР.

---

Ключевые слова: информатизация здравоохранения, биологическая САПР, медицинская САПР.

## CLASSIFICATION OF BIOLOGICAL AND MEDICAL COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS

<sup>1</sup>Nasyrov R.V., <sup>1</sup>Tiunov I.S., <sup>2</sup>Tiunov O.S.

<sup>1</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia, (450012, Karl Marks street, 12), e-mail: tiunov\_igor@mail.ru

<sup>2</sup>National Research Technological University, Moscow, Russia (119991, Lenin Prospect, 4)

---

In paper is revealed a trend of formation of medical computer-aided design direction. In the state standards is no section devoted to computer-aided design of biological objects, because these standards reflect the state of science and technology 80-ies of the last century. Modern development of computer technology allows us to apply the theory of traditional (technical) computer-aided design in the field of biology and medicine. In this article there is a classification of biological and medical CAD. For a comprehensive study and representation current state of this scientific and technical direction is designed the coordinate system of biological CAD as a Steinberg's diagram. Are formulated the features of composition and structure of medical CAD systems. There is an example of a possible structure of medical CAD system. Describes the features of technical, mathematical, software, methodical, organizational, legal, ergonomic, information and linguistic support of medical CAD.

---

Keywords: biological CAD, medical CAD, healthcare, information technologies.

### Введение

В последние годы в России на разных уровнях управления системой здравоохранения декларируется необходимость создания медицинских информационных систем (МИС) различного назначения. Разработана Концепция создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения. В целом медицинские информационные системы настоящего времени – это уже и вполне определенные практические результаты внедрений, это масса опытных и хорошо проработанных решений, имеющих многолетнюю практику работы в условиях отечественного здравоохранения [5,6,8].

Вместе с тем обзор рынка МИС показывает, что существует достаточное количество удачных разработок, часть из которых реализует технологию автоматизированного проектирования медицинских объектов и процессов. Наиболее яркими из рассмотренных систем являются система DentCAD британской компании Delcam, применяемая в стоматологии [7], система AccuShape, применяемая при пластике дефектов черепа, и другие продукты американской компании MedCAD [10]. Также известна программа TinkerCell, позволяющая создавать модели сетей молекулярно-биологических взаимодействий из доступных в базах данных клеточных «частей» и наблюдать их динамику, позиционируемая как САПР для биологов [9].

В то же время существующие САПР (в том числе и медицинского назначения) реализуют принципы и технологии проектирования технических объектов. Такое положение дел приводит к фактическому сужению сферы применения технологии САПР для решения медицинских задач.

В соответствии с изложенным в данной работе предлагается концепция и теоретические основы биологических САПР, отличающихся от технических САПР типом объектов проектирования, методами и моделями деятельности основных пользователей системы (в том числе моделями клинического мышления врача), принципами автоматизации работ с объектами проектирования. Также описываются особенности медицинских САПР, к которым следует относить более узкий класс компьютерных систем – системы поддержки хирургических операций, или CAS-технологии (ComputerAssisted/AidedSurgery), все чаще используемые в мировой медицинской практике в настоящее время. Кроме того, используя известную классификацию медицинской техники, предложенную в работе [8], позволяет рассматривать предлагаемые биологические САПР как новый объект, относящийся классу средств автоматизации медико-биологических исследований, требующий самостоятельного исследования.

### **Классификация биологических и медицинских САПР**

В классификации САПР по типу объекта проектирования согласно ГОСТу 23501.108-85 [4] рассматриваются объекты и процессы машино- и приборостроения, объекты и процессы строительства, программные средства и организационные системы. САПР объектов и процессов других типов выделены в раздел «прочие». Авторами статьи предлагается расширить эту классификацию биологическим направлением. Таким образом, можно выделить класс «САПР биологических объектов» и класс «САПР биологических процессов».

Классификацию САПР биологических объектов по разновидности объектов проектирования следует выполнять в соответствии с разделами биологии, либо по царствам

живых организмов. Наиболее простым делением для удобства разработки и применения САПР биологических объектов является их условное разделение на медицинские, основным объектом в которых является человек, и ветеринарные, основным объектом в которых являются представители животного мира.

Классификацию САПР биологических процессов по разновидности процессов проектирования необходимо выполнить в соответствии с принятым выделением функциональных подсистем и процессов в биологии.

Таким образом, с системных позиций предлагается следующая концептуальная точка зрения на биологические САПР, представленная на рисунке 1.

В рамках концепции биологических САПР предлагается выделить и отдельно рассмотреть такой класс прикладных систем, как медицинские САПР. Они могут быть техническими, биологическими или биотехническими (смешанными) в зависимости от целей применения и основного объекта проектирования. В связи с этим предлагается различать следующие способы применения САПР:

- технические САПР при проектировании технических объектов и процессов (традиционный подход);
- технические САПР при проектировании медицинских объектов и процессов в биомедицинской инженерии и биопромышленности (современные тенденции);
- биологические САПР при прогнозировании состояния здоровья человека (медицина ближайшего будущего);
- биологические САПР для коррекции генетических дефектов в организме человека и животных (медицина будущего);

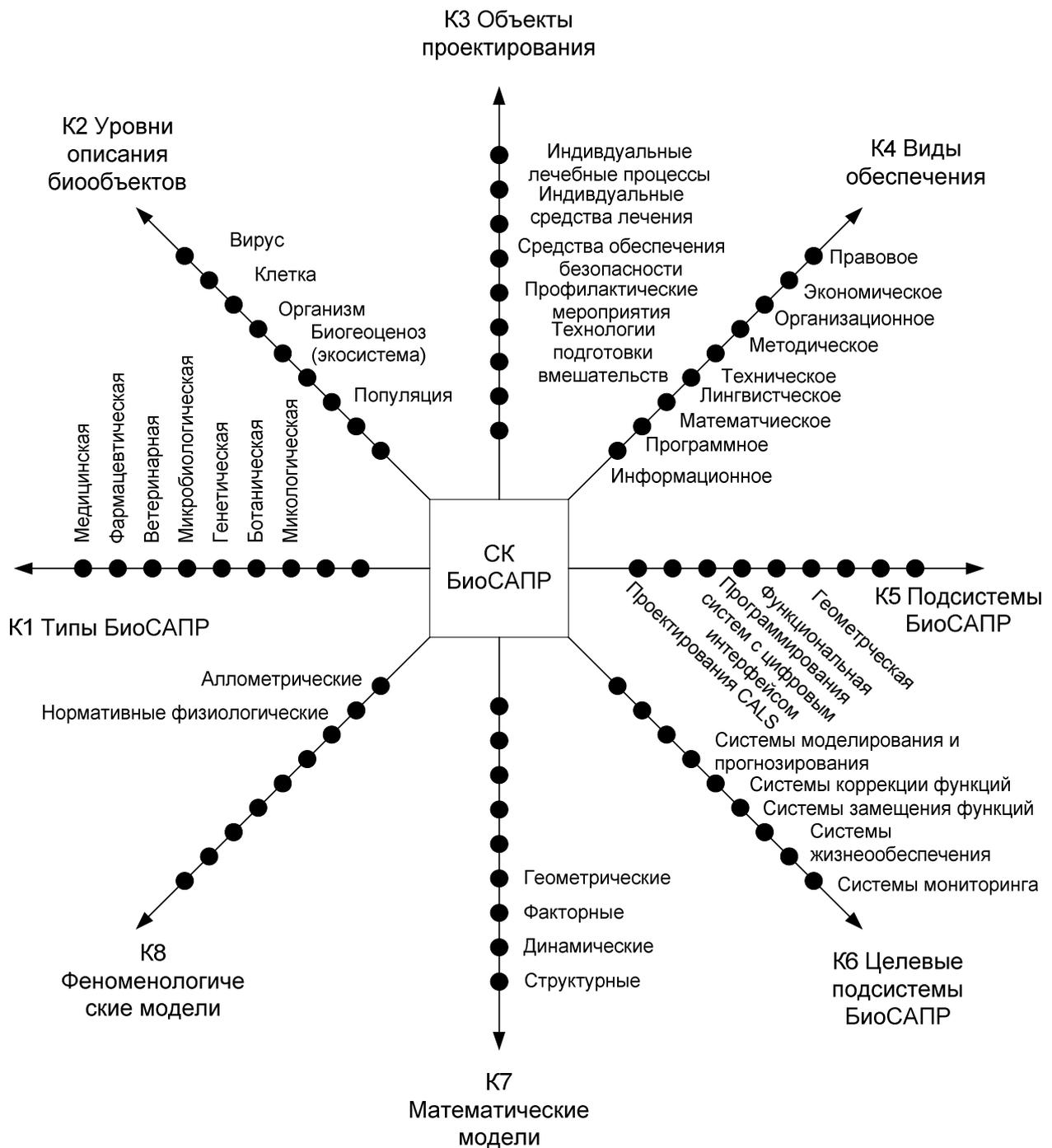


Рисунок 1. Система координат БиоСАПР

- биологические САПР при проектировании технических объектов в бионике (техника ближайшего будущего).

При рассмотрении собственно медицинских САПР как более узкого класса также можно выделять анатомические САПР, относящиеся к САПР биологических объектов, а также физиологические и психологические САПР, относящиеся к САПР биологических процессов.

Отличительная особенность предлагаемых авторами статьи медицинских САПР – создание и использование механизмов и моделей, обеспечивающих высокую степень унификации и стандартизации описания объектов и процессов в организме человека, и обусловленная этим широкая область применения.

### Особенности состава и структуры медицинских САПР

Медицинская САПР состоит из элементов разного рода, которые представлены на рисунке 2.

В структуре медицинской САПР, так же, как и в любой технической САПР, выделяются следующие виды обеспечения: техническое, математическое, программное, методическое, организационное, правовое, эргономическое, информационное, лингвистическое.



Рисунок 2. Пример структуры медицинской САПР

Далее рассмотрим особенности этих видов обеспечения в рамках концепции медицинских САПР.

**Техническое обеспечение** – совокупность связанных и взаимодействующих технических средств (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое оборудование, линии связи, измерительные средства) [8].

В отличие от традиционных САПР техническое обеспечение медицинских САПР должно включать специализированное медицинское оборудование, такое как оборудование

поддержки жизни, терапевтическое оборудование, медицинские мониторы, диагностическое оборудование, хирургическое оборудование, лабораторное медицинское оборудование, оборудование для транспортировки, оборудование для вызова медицинского персонала, дезинфекционное и стерилизационное оборудование.

Следует отметить, что медицинские мониторы, диагностическое и лабораторное медицинское оборудование принципиально позволяют получать информацию о пациенте и использовать ее непосредственно в процессе моделирования его организма, что соответствует CAD-технологии в международной практике САПР. В свою очередь преобразование данных и генерация программ управления для оборудования поддержки жизни, терапевтического и хирургического оборудования (например, для робота-хирурга) в медицинских САПР может рассматриваться как аналог технических САМ-систем. Совокупность указанных систем может образовывать замкнутую систему, функционирующую под управлением специалиста и решающую широкий круг задач медицинской хирургии, реанимации и реабилитации.

Таким образом, обостряется необходимость в стандартизации аппаратных и программных интерфейсов взаимодействия медицинского оборудования и медицинских информационных систем.

**Математическое обеспечение** традиционных САПР включают методы математического моделирования объектов и процессов проектирования, математические модели объектов и процессов проектирования, алгоритмы решения задач в процессе проектирования [2].

Медицинская САПР так же, как и техническая, должна включать аппарат классической математики, а также математический аппарат создания и управления трехмерной графикой (пространственного моделирования). Отличием математического обеспечения медицинской САПР от математического обеспечения технической САПР является наличие специализированных математических моделей медицинских объектов и процессов. Например, такие как модель динамики состояния пациента в зависимости от лечебного воздействия, модель Орна – Лью, модель оптимальной дозировки инъекций сильнодействующих лекарственных средств Беллмана, модель синтеза изображений в томографии и другие в зависимости от назначения медицинской САПР и объекта проектирования. Общим свойством большинства моделей, используемых при описании биологических объектов, является их отнесение к классу «мягких» [2].

Из-за сложности биологических объектов в математическом обеспечении медицинских САПР на этапе становления структурные математические модели могут превалировать над функциональными.

**Информационное обеспечение** технической САПР определяется как совокупность сведений, необходимых для выполнения проектирования. Оно состоит из описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, комплектующих изделий и их моделей, правил и норм проектирования [1].

В отличие от них информационное обеспечение медицинской САПР состоит из описаний анатомического строения человеческого организма, его функциональных особенностей, патологий и методов их лечения и т.д. В связи с этим к данному типу обеспечения медицинской САПР относится содержимое анатомических атласов, различных медицинских справочников, энциклопедий и других источников медицинских знаний.

Лингвистическое обеспечение – совокупность языков, используемых в САПР для представления информации о проектируемых объектах, процессе и средствах проектирования, а также для осуществления диалога проектировщик – ЭВМ и обмена данными между техническими средствами САПР. Оно включает термины, определения, правила формализации естественного языка, методы сжатия и развертывания [1].

Особенность **лингвистического обеспечения** медицинских САПР заключается в том, что они позволяют организовать логическую связь профессионального тезауруса медицинских работников с описаниями и программной реализацией средств проектирования медицинской САПР.

**Методическое обеспечение** – описание технологии функционирования САПР, методов выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов. Оно включает в себя теорию процессов, происходящих в проектируемых объектах, методы анализа, синтеза систем и их составных частей, различные методики проектирования [1].

Методическое обеспечение медицинских САПР базируется на технологиях проведения лечебного процесса, клиническом мышлении врача, а также на моделях процессов, происходящих в биологических объектах, значительно отличающихся от процессов, происходящих в объектах технических.

**Организационное обеспечение** – совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, организационную структуру объекта и системы автоматизации, деятельность в условиях функционирования системы, форму представления результатов проектирования [1].

В отличие от технических в организационное обеспечение медицинской САПР необходимо включить основы организации лечебного процесса, должностные инструкции врачей, правила эксплуатации сопрягаемого с САПР оборудования и т.д.

**Эргономическое обеспечение** объединяет взаимосвязанные требования, направленные на согласование психологических, психофизиологических, антропометрических характеристик и возможностей человека с техническими характеристиками средств автоматизации и параметрами рабочей среды на рабочем месте [1].

В медицинской САПР требования к эргономике принимают специфический характер, связанный с условиями и особенностями лечебной деятельности. Примером эргономического обеспечения медицинской САПР может служить система голосового управления геометрическими пространственными моделями, которое обеспечит возможность применения результатов моделирования непосредственно во время проведения врачом хирургической операции. Сюда же можно отнести возможность использования светового пера в качестве аналога скальпеля при отработке хирургической операции на компьютерном тренажере.

**Правовое обеспечение** совокупности нормативных документов, приказов и инструкций, определяющих юридический статус создания и функционирования системы [3]. Этот вид обеспечения медицинской САПР имеет особую значимость из-за специфики обязанностей и ответственности медицинского персонала. Результаты работы пользователя с медицинской САПР могут применяться в работе оборудования поддержки жизни или оборудования для проведения инвазивных процедур. Поэтому для полноценного широкого применения медицинских САПР необходимо определить и законодательно зафиксировать юридический статус самой системы, правил и результатов ее работы и т.д.

Программное обеспечение технических САПР реализует математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Включает пакеты прикладных программ, предназначенные для обслуживания определенных этапов проектирования или решения групп однотипных задач внутри различных этапов.

В медицинской САПР программное обеспечение реализует положения других видов обеспечения в виде программных средств и отличается от программного обеспечения технической САПР набором прикладных программ. Примером такой программы может являться анатомический геометрический решатель.

Различные элементы могут входить в несколько видов обеспечения медицинской САПР (табл. 1).

### **Заключение**

Предлагаемая концепция биологических САПР как общего направления и, в частности, медицинских САПР как профессионально ориентированного продукта позволяет реализовать комплексный формализованный подход к их созданию и внедрению. В свою

очередь, использование медицинских САПР имеет целью повышение эффективности работы медицинских организаций и предприятий медицинской промышленности. Процесс стандартизации решений в области медицинских САПР позволит создавать с меньшими временными и финансовыми затратами более совершенные медицинские информационные системы для изучения организма человека в нормальных и патологических состояниях, а также для прогнозирования, диагностики и лечения различных заболеваний.

Таблица 1. Пример соответствия «Элемент – Вид обеспечения САПР»

Элементы \ Виды обеспечения	Элементы															
	Трехмерный анатомический атлас	Геометрический решатель	Математический пакет	ГОСТы (по САПР, DICOM, HL7)	Законы	Аппарат МРТ	Аппарат УЗИ	Рентген-аппарат	Врач	Исследователь	Инженер	Программист	База данных	СУБД	Учебник	Классификатор
Техническое						+	+	+								
Программное	+	+	+										+	+		
Информационное	+			+	+								+	+	+	+
Лингвистическое									+	+	+	+				
Математическое		+	+													
Методическое				+	+				+	+	+	+				
Организационное				+	+				+	+	+	+				
Эргономическое						+	+	+	+	+	+	+				
Правовое				+	+				+	+	+	+				

### Список литературы

1. Аверьянов О.И., Солдатов В.Ф. Основы проектирования и конструирования: учебное пособие. – М.: МГИУ, 2008. – 152 с.
2. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. – 2-е изд., стереотип. – М.: МЦНМО, 2008. – 32 с.
3. ГОСТ 23501.101-87. САПР. Основные положения.
4. ГОСТ 23501.108-85. САПР. Классификация и обозначение.
5. Информационные технологии в медицине. 2011–2012. – М.: Радиотехника, 2012.

6. Информационные технологии в медицине: сайт. – URL: <http://itm.consef.ru> (дата обращения: 01.08.13).
7. Официальный сайт компании «Делкам-Урал» URL:<http://www.delcam-med.ru/content/dentcad> (дата обращения: 01.08.13).
8. Пахарьков Г.Н. Основы маркетинга на предприятиях медико-технического профиля: учеб. пособие / СПГЭТУ. – СПб., 1995. – 80 с.
9. Саблина А. Разработана САПР для биологов // Электронный журнал «Вечный разум» 12.01.2010. – URL: [http://www.eternalmind.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2425](http://www.eternalmind.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=2425) (дата обращения: 01.08.13).
10. Система автоматизированного проектирования операций по пластике черепа: сайт. – URL: [http://www.medcad.net/?page\\_id=53](http://www.medcad.net/?page_id=53) (дата обращения: 01.08.13).

**Рецензенты:**

Жернаков С.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электроники и биомедицинских технологий ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства образования и науки РФ, г. Уфа.

Мунасыпов Р.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры технической кибернетики ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства образования и науки РФ, г. Уфа.