

3. Дормидонтова Т. В., Евдокимов С. В. Комплексное применение методов оценки надежности и мониторинга строительных конструкций и сооружений : монография. Самара : СГАСУ, 2012. 128 с.

4. Байбурин А. Х., Иванов А. Е., Байбурин Д. А. Некоторые аспекты оценки остаточного ресурса строительных конструкций // Предотвращение аварий зданий и сооружений : сб. науч. трудов. Вып. 10. М. : МДП, 2011. С. 140–150.

5. Ханухов Х. М. Нормативное обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений и мониторинг их технического состояния // Предотвращение аварий зданий и сооружений : сб. науч. трудов. Вып. 8. М. : МДП, 2009. С. 146–165.

6. Уткин В. С., Уткин Л. В. Экспертный метод определения физического износа зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2000. № 1. С. 48–49.

7. Ильченко А. Н. Экономико-математические методы : учеб. пособие. М. : Финансы и статистика, 2006. 288 с.

8. Золина Т. В., Садчиков П. Н. Прогнозирование надежности здания при исследовании динамики его напряженно-деформированного состояния // Вестник МГСУ. 2015. № 10. С. 20–31.

9. Zolina T. V., Sadchikov P. N. Revisiting the reliability assessment of frame constructions of industrial building // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 752. P. 1218.

УДК 681.518.22

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИОСЕНСОРОВ**

***В. М. Зарипова\**, *О. И. Евдошенко\*\**,  
*Ю. А. Лежнина\**, *И. Ю. Петрова\****

*\*Астраханский государственный*

*архитектурно-строительный университет (Россия)*

*\*\*Астраханский государственный университет (Россия)*

В настоящей статье рассмотрена модель автоматизированной системы поддержки концептуального проектирования биосенсоров на основе энергоинформационного метода. Разработана архитектура такой системы, в которой предусмотрено создание следующих баз знаний: база знаний об иммобилизованных биологических тест-объектах; база знаний об известных физических эффектах и явлениях на основе энергоинформационных моделей цепей (ЭИМЦ) разной физической природы. Полученное решение может быть использовано как скелетная конструкция для создания новых биосенсоров, либо усовершенствовано с помощью базы знаний по приемам улучшения технических и эксплуатационных характеристик физико-технических эффектов.

**Ключевые слова:** датчики, биосенсоры, концептуальное проектирование, энергоинформационный метод цепей, база знаний.

In this article the model of the automated system support for conceptual design of biosensors based on the energy-information method is considered. The architecture of such a system is developed, which provides for the creation of the following knowledge bases: a knowledge base on immobilized biological test objects; the knowledge base on known physical effects and phenomena on the basis of method of energy-information chains (EIMC) of different physical nature. The resulting solution can be used as a skeletal design for the development of

new biosensors or improved with the help of the knowledge base for methods of improving technical and operational characteristics of physical and technical effects.

*Keywords: sensors, biosensors, conceptual design, method of energy-information chains, the knowledge base.*

## **Введение**

Требования современного анализа – это чувствительность, избирательность, дешевизна и простота. Электрохимические сенсоры как нельзя лучше удовлетворяют указанным требованиям. Они просты, удобны в применении, а также позволяют осуществлять непрерывный контроль концентрации разнообразных веществ, что является важным для клинической диагностики, контроля промышленного производства и состояния окружающей среды.

Стремление к повышению чувствительности и избирательности, а также долговечности электрохимических сенсоров и биосенсоров породило огромное количество исследований, направленных на повышение эффективности этих устройств и ускорение процесса их проектирования. Естественно, что достичь этих целей возможно только при автоматизации всех этапов проектирования этих устройств.

В настоящей статье рассмотрена модель автоматизированной системы поддержки концептуального проектирования биосенсоров на основе энергоинформационного метода [1, 2].

## **Биосенсоры**

В 1997 г. Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC) введено определение биосенсора, как устройства, состоящего из трансдьюсера и иммобилизованного биологического элемента [3].

Биосенсором называется аналитическая система, содержащая биологический материал (ферменты, клетки, антитела, антигены, рецепторы, фрагменты ДНК), который находится в непосредственном контакте или встроен в физико-химический датчик. Обобщенная схема построения биосенсорных устройств показана на рисунке 1.

Биосенсоры состоят из двух частей:

- Биологический чувствительный элемент – тест-объект. Это ансамбль биологических молекул, в котором происходят физико-химические процессы, преобразующие свойства исследуемой среды в измеримый сигнал (электрический, оптический, механический, тепловой и т. д.). Например: микроорганизмы, органеллы, клеточные рецепторы, ферменты, антитела, нуклеиновые кислоты и т. д.

- Преобразователь (трансдьюсер) – преобразует сигнал, появляющийся в результате взаимодействия анализируемого вещества с биоселективным элементом, в другой сигнал, который проще измерить. Используются разнообразные физико-химические принципы действия: оптический, пьезоэлектрический, электрохимический и другие.

Обычно биосенсор предназначен для формирования цифрового электрического сигнала, пропорционального концентрации определенного химического соединения или ряда соединений.

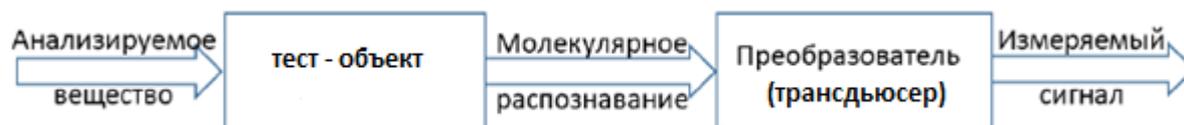


Рис. 1. Обобщенная схема биосенсора

### **Энергоинформационный метод концептуального проектирования**

Отличительными особенностями этого метода применительно к проектированию биосенсоров являются:

- декомпозиция сложных физических процессов, протекающих в биосенсорах на процессы в цепях разной физической природы, взаимодействие между которыми отражается наличием межцепных физико-технических эффектов [3];

- системы сосредоточенных, распределенных и изменяющихся во времени параметров-аналогов (сопротивление, емкость, индуктивность и их производные) для описания свойств материальной среды, в которой протекают физические процессы;

- системы критериев-уравнений, связывающие величины-аналоги и параметры-аналоги для описания процессов определенной физической природы с сосредоточенными, распределенными и изменяющимися во времени физико-химическими величинами и параметрами;

На основе этих критериев выявлены величины-аналоги и параметры-аналоги для описания процессов в цепях различной физической природы (механических, тепловых, электрических, магнитных, диффузионных, влагопереноса, оптических и др.).

Авторами предложен новый подход к систематизации связей между цепями различной физической природы - так называемые межцепные физико-технические эффекты (межцепные ФТЭ), которые систематизированы по признакам: вид связи (величина - величина и величина - параметр), физическая природа и вид входной величины, физическая природа и вид выходной величины.

### **Автоматизированный синтез новых технических решений биосенсоров**

Предложенная систематизация позволила эффективно организовать информацию о ФТЭ в базах данных для автоматизированного синтеза новых технических решений биосенсоров. Алгоритмы подбора и синтеза вариантов технических решений биосенсоров на основе энергоинформационной модели позволяют разработать систему автоматизированного проектирования таких устройств, DFD модель которой представлена на рис. 2.



Рис. 2. Диаграмма потоков данных автоматизированной системы (DFD модель данных)

Для разработки архитектуры такой системы предусмотрено создание следующих баз знаний:

1. База знаний о иммобилизованных биологических тест-объектах (D1). Тест-объекты обеспечивают формирование аналитического сигнала для последующих преобразований в трансдюсере. Каждый такой тест-объект характеризуется рядом параметров (обнаруживаемое вещество, метод преобразования, выходная величина в терминах ЭИМЦ, химическая реакция, способ иммобилизации, материалы электродов, чувствительность, надежность регистрации и др.). На основании совокупности этих параметров происходит подбор преобразователя (трансдюсера) из второй базы. Структурная схема базы данных D1 показана на рис. 3.

2. База знаний об известных физических эффектах и явлениях на основе энерго-информационных моделей цепей (ЭИМЦ) разной физической природы используется для синтеза физического принципа действия преобразователей (трансдюсеров) [4]. Знания представляются в формализованном виде на основе единой модели паспорта физико-технического эффекта, которая содержит описание физико-технического эффекта, входную и выходную величину, а также усредненные типовые значения эксплуатационных характеристик и формулу расчета коэффициента передачи на основе известных физических законов. Структурная схема второй базы данных показана на рис. 4.

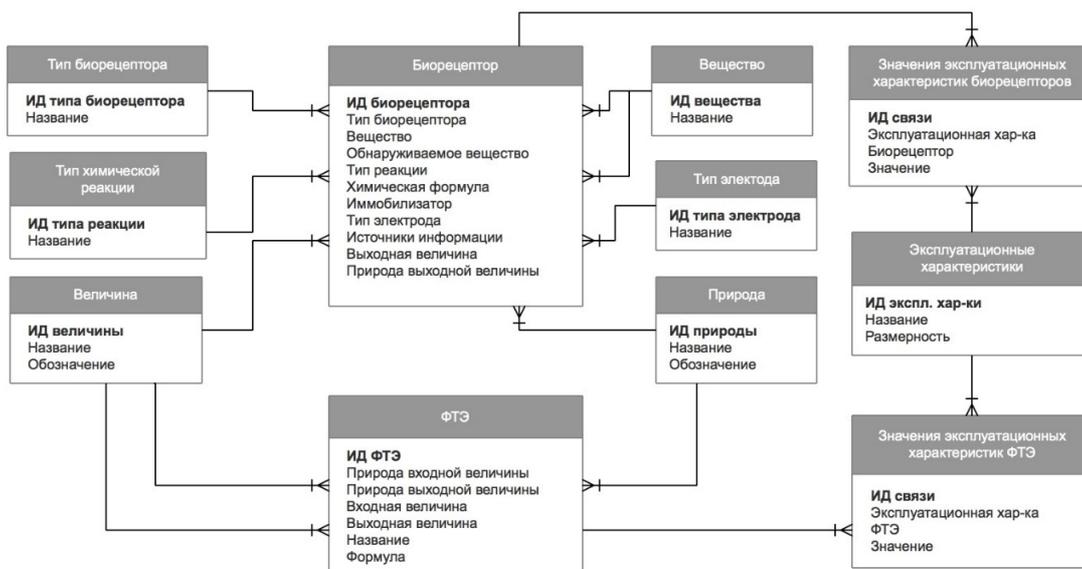


Рис. 3. Структурная схема базы данных тест-объектов

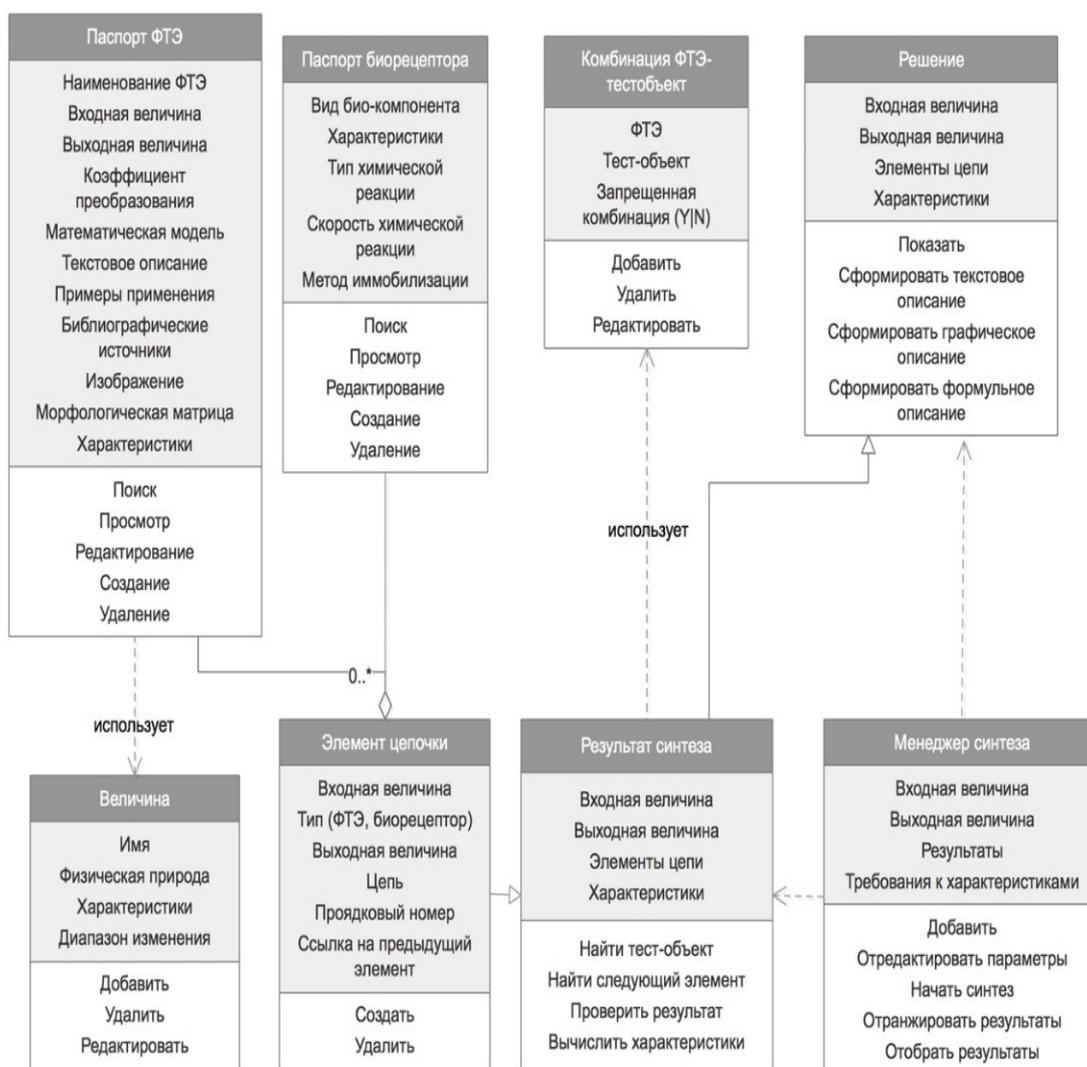


Рис. 4. Структурная схема базы данных физико-технических эффектов (ФТЭ)

Интерфейс системы позволяет пользователю вводить задание на проектирование в виде следующего набора данных: вещество, которое необходимо распознать; вид выходного сигнала тест-объекта; длина цепочки преобразований; вектор значений базового набора характеристик решений; вектор веса характеристик в баллах от 1 до 10, где 1 – наименее значимая, 10 – наиболее значимая характеристика.

Подсистема выбора тест-объекта реализует следующую логику взаимодействия с пользователем:

- Запрос к базе данных паспортов биологических тест-объектов на основании данных о распознаваемом веществе и характеристиках тест-объекта.

- Подбор из базы тест-объектов конечного множества тест-объектов, удовлетворяющих заданным условиям и имеющих выходную величину совместимую с входной величиной ФТЭ из базы паспортов ФТЭ. Выходная величина тест-объекта описывается в терминах ЭИМЦ, что позволяет использовать уже имеющийся объем паспортов ФТЭ [2].

- Предоставление пользователю информации о подобранных тест-объектах, ранжированных с учетом заданной пользователем значимости эксплуатационных характеристик.

На основании данных предоставленных подсистемой выбора тест-объектов пользователь может выбрать один из множества тест-объектов или запустить поиск вариантов решения по всему множеству тест-объектов, передав дальнейшее управление подбором решения подсистеме синтеза трансдюсера.

Подсистема синтеза трансдюсера реализует следующую логику взаимодействия с пользователем:

1. Рекурсивный запрос к базе данных паспортов ФТЭ для построения цепочки преобразований, начиная от заданной входной величины тест-объекта, которая является входной для цепочки преобразований, и заканчивая требуемой выходной величиной трансдюсера. При этом учитываются ограничения, заданные пользователем по длине цепочки, а также совпадения диапазонов и природ входных и выходных величин эффектов в цепочке, так как в случае несовпадения диапазонов и физической природы величины сигнал не может быть преобразован.

2. Расчет вектора значений эксплуатационных характеристик итогового решения по совокупности значений характеристик элементов цепочки преобразований. В качестве значений характеристик ФТЭ используются усредненные значения, описанные для типичной конструктивно-технической реализации данного физического эффекта.

3. Ранжирование полученных решений по вектору характеристик с учетом весов характеристик, заданных пользователем.

4. Предоставление пользователю информации о полученном решении в виде набора паспортов – тест-объекта и связанной с ним цепочки ФТЭ.

В результате полученное решение может быть использовано как скелетная конструкция для создания новых биосенсоров, либо усовершенствовано с помощью базы знаний по приемам улучшения технических и эксплуатационных характеристик физико-технических эффектов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-37-00258\17.*

#### **Список литературы**

1. Zaripova V., Petrova I. System of Conceptual Design Based on Energy-Informational Model // PROGRESS IN SYSTEMS ENGINEERING, Proceedings of the 23rd International Conference on Systems Engineering, August, 2014, Las Vegas, NV, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing. 2015. Vol. 1089. P. 365–373. DOI: 10,1007 / 978-3-319-08422-0\_54.

2. Zaripova V. M., Petrova I. Yu. Information Technology of Concept Design of Biosensors // Indian Journal of Science and Technology, [S.l.], Dec. 2016. DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i1/109983

3. Петрова И. Ю., Зарипова В. М., Лежнина Ю. А., Сокольский В. М., Митченко И. А. Энергоинформационные модели биосенсоров // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2015. № 3. С. 35–48.

4. Zaripova V. M., Petrova I. Y. System of Automated Design of Biosensors // Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds.). Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science. 2017. Vol. 754.