

Учитывая уравнения двигателя, получим модель замкнутой системы в пространстве состояний, которую будем использовать для формирования системы управления манипулятором:

$$\dot{x}_i = A_i x_i + B_i u_i + G_i h_i + G_i c_i,$$

$$y_i = L_i x_i, \quad i = \overline{1, n},$$

где вектор состояния  $x_i^T = [q_i, \dot{q}_i, I_i]^T$ , а матрицы  $A_i, B_i, G_i, L_i$  имеют вид:

$$A_i = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & C_{Mi}/d_{ii} \\ 0 & C_{Bi}/L_{ri} & -R_{ri}/L_{ri} \end{bmatrix}, \quad B_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1/L_{ri} \end{bmatrix}, \quad G_i = \begin{bmatrix} 0 \\ -1/d_{ii} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad L_i = [1 \ 0 \ 0].$$

Полученные векторные уравнения для двухзвенного манипулятора могут быть использованы для моделирования систем управления, так как включают сигнал управления  $u$ .

#### Список литературы

1. Попов Е. П., Верещагин А. Ф., Зенкевич Л. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы. М. : Наука, 1980
2. Борцов Ю. А., Соколовский Г. Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями. СПб. : Энергоатомиздат, 1992.
3. Белоусов И. Р. Формирование уравнений динамики роботов-манипуляторов // Препринт РШМ им. М. В. Келдыша РАН. 2002. № 45. 32 с.
4. Lezhnina Yuliya, Ternovaya Galina, Zaripova Viktoriya. Robust Adaptive Control of the Dynamic Multilinked Object: Control of Robot Manipulator. Progress in Systems Engineering Proceedings of the Twenty-Third International Conference on Systems Engineering (ICSEng 2014, Las Vegas, Nevada, August 19, 2014). P. 69–75.
5. Lezhnina Yuliya, Petrova Irina, Ternovay Galina. Path Control for a Manipulator While Tracking a Given Trajectory. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vols 752–753. P. 967–972.

УДК 004.652

## БАЗА ЗНАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БИОСЕНСОРОВ

**В. М. Зарипова**

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (Россия)*

В статье рассмотрен вопрос о создании базы знаний по физико-техническим эффектам, которую планируется использовать на этапе концептуального проектирования биосенсоров. Описано около 40 физико-технических явлений, приведены структура базы знаний и форма паспорта описания физико-технического эффекта. В основе классификации физических явлений в базе знаний лежит энергоинформационная модель цепей (ЭИМЦ). Эта модель специально ориентирована на проектирование новых принципов действия чувствительных элементов (сенсоров) и инвариантна к физической природе процессов, протекающих в них, так как конструирование биосенсоров относится к области междисциплинарных исследований. Использование информационной

технологии функционально-структурного проектирования биосенсоров на основе этой базы знаний позволит в десятки раз расширить объем активно используемых специалистами знаний и в два-три раза сократить время создания новых решений за счет выбора более эффективных вариантов и базового расчета значащих характеристик их концептуальных моделей, что в значительной степени уменьшает объем макетирования и натурных испытаний.

**Ключевые слова:** биосенсор, концептуальное проектирование, база знаний, энергоинформационный метод, физико-технический эффект.

The article deals with the design of a knowledge base on physical and technical effects. The database is planned to be used at the stage of conceptual design of biosensors. About 40 physical and technical phenomena are described. The knowledge base structure and passport of the effect are given.

The energy-information model of chains (EIMTS) is the core of classification of physical phenomena in the knowledge base. This model is specifically focused on the design of new operating principles of sensitive elements (sensors). It is invariant to the physical nature of the processes occurring in sensitive elements. And taking in account the design of biosensors it relates to the field of interdisciplinary studies. Usage of the information technology for functional-structural design of biosensors based on this knowledge base will allow to expand the volume of active special knowledge in dozens of times and to reduce the time on new solutions creation in two or three times by choosing the better options and draft calculation of the significant characteristics of conceptual models. It reduces largely the amount of prototyping and field trials.

**Keywords:** biosensor, conceptual design, knowledge base, the energy-information method, physical and technical effect.

Конструирование биосенсоров относится к области междисциплинарных исследований, поэтому необходима разработка единого системного подхода, инвариантного к физической природе используемых явлений и процессов.

Биосенсором называется устройство, содержащее биологический материал (ферменты, клетки, антитела, антигены, рецепторы, фрагменты ДНК), который находится в непосредственном контакте или встроен в физико-химический датчик [1]. Обобщенная схема построения биосенсорных устройств показана на рис. 1.

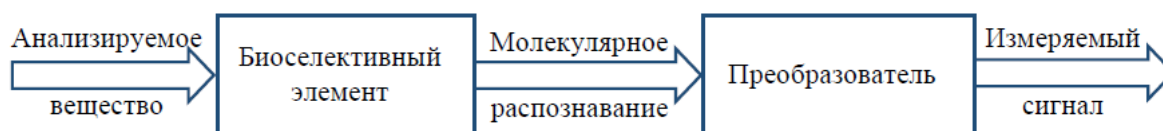


Рис. 1. Обобщенная схема биосенсора

1. Биоселективный элемент (bioreceptor). Это комплекс биологических молекул, в котором происходят физико-химические процессы, преобразующие свойства исследуемой среды в измеряемый сигнал (электрический, оптический, механический, тепловой и т. д.).

2. Трансдюсер (transducer) – преобразует сигнал, появляющийся в результате взаимодействия анализируемого вещества с биоселективным элементом, в другой сигнал, который проще измерить. Для конструирования трансдюсеров используются разнообразные физико-химические принципы действия и соответствующие физико-технические эффекты (ФТЭ).

Анализ различных системных подходов к разработке баз знаний для концептуального проектирования показал, что для систематизации знаний необходим метод, сочетающий математическое моделирование процессов в техническом устройстве, инвариантное к физической природе этих процессов, возможность учета физических эффектов и явлений, не укладывающихся в строгие рамки модели, возможность структурного описания физического принципа действия устройства.

В данной статье рассматривается проектирование базы знаний по физическим эффектам (ФТЭ), в которой систематизация разнообразных физических явлений основана на энергоинформационной модели цепей, предложенной авторами в работах [2, 3].

База знаний о физико-технических эффектах (ФТЭ) предназначена для синтеза вариантов физического принципа действия трансдюсеров, а также для хранения и поиска информации о найденных вариантах. Такая информация включает в себя последовательное описание всех физико-технических эффектов, входящих в цепочки, которые сгенерированы согласно установленным пользователем условиям (природа и величина входа и выхода, число звеньев цепи, разрешение на повтор величин).

Знания представляются в формализованном виде на основе единой модели паспорта физико-технического эффекта, которая содержит краткое и полное 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, а также список патентов, в которых присутствует каждый эффект; значения эксплуатационных характеристик.

В таблице 1 приведен перечень ФТЭ, входящих в базу, формула ФТЭ в терминах энергоинформационной модели и формула коэффициента преобразования ФТЭ, выраженная через известные физические параметры материалов, физические константы и геометрические размеры среды, в которой наблюдается этот ФТЭ.

Таблица 1

Перечень физико-технических эффектов, используемых при синтезе трансдюсеров для биосенсоров

№	Название ФТЭ	Формула ФТЭ	Коэффициент ФТЭ
1.	Тензодиод	$I_s = K_{U_{ml}I_s} \cdot U_{ml}$	$K_{U_{ml}I_s} = -3J_0 \frac{\alpha}{KT} \left[ \frac{A}{H} \right]$
2.	Магнитодиодный эффект	$U_s = K_{Q_{mg}U_s}^n \cdot Q_{mg}$	$K_{Q_{mg}U_s}^n = \frac{Y_E \cdot I_E}{S_{mg}} \left[ \frac{E}{B\delta} \right]$

3.	Пироэлектрический эффект	$Q_e = K_{U_t Q_e} \cdot U_t$	$K_{U_t Q_e} = \gamma \cdot S \left[ \frac{\text{Кл}}{\text{К}} \right]$
4.	Механоёмкостный эффект (линейный)	$Q_e = K_{Q_{ml} C_e} \cdot U_e \cdot Q_{ml}$	$K_{Q_{ml} C_e} = \frac{\epsilon \epsilon_0 L}{\tau} \left[ \frac{\text{Ф}}{\text{М}} \right]$
5.	Эффект ампервитков	$U_{mg} = K_{I_e U_{mg}} \cdot I_e$	$K_{I_e U_{mg}} = \omega_e \cdot \omega_{mg}$
6.	Эффект электромагнитной индукции	$U_e = K_{I_{mg} U_e} \cdot I_{mg}$	$K_{I_{mg} U_e} = \omega$
7.	Обратный пьезоэффект	$Q_{ml} = K_{U_e Q_{ml}} \cdot U_e$	$K_{U_e Q_{ml}} = d \left[ \frac{\text{М}}{\text{В}} \right]$
8.	Магнитострикционный эффект	$Q_{ml} = K_{U_{mg} Q_{ml}} \cdot U_{mg}$	$K_{U_{mg} Q_{ml}} = \frac{\gamma \mu_0 \mu}{E} \left[ \frac{\text{М}}{\text{А}} \right]$
9.	Пьезоэффект	$Q_e = K_{U_{ml} Q_e} \cdot U_{ml}$	$K_{U_{ml} Q_e} = d \left[ \frac{\text{Кл}}{\text{Н}} \right]$
10.	Эффект термо-ЭДС (эффект Зеебека)	$U_e = K_{U_t U_e} \cdot U_t$	$K_{U_t U_e} = \alpha_{12} \left[ \frac{\text{В}}{\text{К}} \right]$
11.	Эффект Пельтье	$I_t = K_{I_t I_e} \cdot I_e$	$K_{I_t I_e} = \alpha_{12} \left[ \frac{\text{В}}{\text{К}} \right]$
12.	Магниторезистивный эффект	$U_e = K_{Q_{mg} R_e} \cdot I_e \cdot Q_{mg}$	$K_{Q_{mg} R_e} = \frac{K_{MR} (\mu_R)^2 R_0 Q_{mg}}{S_{mg}^2} \left[ \frac{1}{\text{с·А}} \right]$
13.	Эффект зависимости металлического сопротивления от температуры	$U_e = K_{U_t R_e} \cdot I_e \cdot U_t$	$K_{U_t R_e} = \alpha \cdot R_0 \left[ \frac{\text{Ом}}{\text{К}} \right]$
14.	Варисторный эффект	$I_e = K_{I_e U_e} \cdot U_e^\beta$	$K_{I_e U_e} = A \left[ \frac{\text{А}}{\text{В}^\beta} \right]$
15.	Эффект поля в МДП-транзисторе	$I_e = K_{Q_e G_e} \cdot U_e \cdot Q_e$	$K_{Q_e G_e} = \frac{\mu_p}{l^2} \left[ \frac{1}{\text{Ом·Кл}} \right]$
16.	Эффект Риги – Ледюка	$U_t = K_{U_{mg} U_t} \cdot U_t$	$K_{U_{mg} U_t} = S \frac{U_{tx} l \gamma}{l_x l_y} \left[ \frac{\text{К}}{\text{А}} \right]$
17.	Термодиод	$U_e = K_{U_t U_e} \cdot U_t$	$K_{U_t U_e} = \frac{k}{q} \ln \left( \frac{I_e W_n n_n}{C T^4 - \alpha} \right) \left[ \frac{\text{В}}{\text{К}} \right]$
18.	Тензорезистивный эффект в металлах	$U_e = K_{Q_{ml} R_e} \cdot I_e \cdot Q_{ml}$	$K_{Q_{ml} R_e} = \frac{\rho_0 \alpha_e}{S} \left[ \frac{\text{Ом}}{\text{М}} \right]$
19.	Магнетокалорический эффект в ферромагнетиках	$U_t = K_{U_{mg} U_t} \cdot U_{mg}$	$K_{U_{mg} U_t} = - \frac{T}{C I_{mg}} \left( \frac{d I_S}{dT} \right) \left[ \frac{\text{К}}{\text{А}} \right]$
20.	Магнитоэлектрический эффект (обратный)	$Q_{mg} = K_{U_e Q_{mg}} \cdot U_e$	$K_{U_e Q_{mg}} = \alpha \cdot \frac{S}{l} \left[ \frac{\text{Вб}}{\text{В}} \right]$
21.	Магнитоэлектрический эффект	$Q_e = K_{Q_{mg} Q_e} \cdot Q_{mg}$	$K_{Q_{mg} Q_e} = \frac{k}{\mu} \left[ \frac{\text{Кл}}{\text{Вб}} \right]$
22.	Биметаллический эффект	$Q_{ml} = K_{U_t Q_{ml}} \cdot U_t$	$K_{U_t Q_{ml}} = k \left[ \frac{\text{М}}{\text{К}} \right]$
23.	Терморезистивный эффект в полупроводниках (термистор)	$I_e = K_{U_t G_e} \cdot U_e \cdot U_t$	$K_{U_t G_e} = B \left[ \frac{1}{\text{Ом·К}} \right]$
24.	Электрокалорический эффект	$\Delta Q_c = K_{U_e \Delta Q_c} \cdot U_e$	$K_{U_e \Delta Q_c} = P \cdot S \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{В·°К}} \right]$
25.	Эффект Нернста	$U_{ez} = K_{U_{tx} U_{ez}} \cdot U_{tx}$	$K_{U_{tx} U_{ez}} = \frac{A^{NE} \cdot B \cdot \Delta z}{\Delta x} \left[ \frac{\text{В}}{\text{К}} \right]$
26.	Биморфный эффект (обратный)	$Q_{ml} = K_{U_e Q_{ml}} \cdot U_e$	$K_{U_e Q_{ml}} = \frac{3}{4} \cdot d_{31} \cdot \left( \frac{l}{\tau} \right)^2 \frac{\text{М}}{\text{В}}$
27.	Потенциометрический ФТЭ	$U_e = U_0 + K_{U_d U_e} \cdot U_d$	$K_{U_d U_e} = \frac{1}{n \cdot F} \left[ \frac{\text{Вольт}}{\text{Кл}} \right]$
28.	Амперометрический ФТЭ	$I_e = K_{I_d I_e} \cdot U_d$	$K_{I_d I_e} = n \cdot F \left[ \frac{\text{Кл}}{\text{Вольт}} \right]$

29.	Кондуктометрический ФТЭ	$I_e = K_{U_d G_e} \cdot U_e \cdot U_d$	$K_{U_d G_e} = \alpha F v \frac{S}{L} \left[ \frac{\text{См} \cdot \text{моль}}{\text{Дж}} \right]$
30.	Зависимость емкости двойного электрического слоя от концентрации вещества	$C_e = K_{U_d C_e} \cdot U_d^{0,5}$ $I_e = K_{U_d C_e} \cdot U_d \cdot \frac{d(U_e)}{dt}$	$K_{U_d C_e} = \sqrt{\frac{A z^2 e^2 \varepsilon \varepsilon_0 N_A}{k T}}$
31.	ФТЭ изменения температуры в ходе биохимической реакции (терморезистор)	$\Delta U_e = K_{Q_d R_e} \cdot Q_d$	$K_{Q_d R_e} = -\alpha \frac{\Delta H}{C_p}$
32.	Эффект электроосмоса	$I_{ml} = K_{U_e I_{ml}} \cdot U_e$	$K_{U_e I_{ml}} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \zeta}{\eta l} \left[ \frac{\text{А}}{\text{В}} \right]$
33.	Эффект тока течения	$I_e = K_{U_h I_e} \cdot U_h$	$K_{U_h I_e} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \zeta S}{\eta l} \left[ \frac{\text{А} \cdot \text{м}^2}{\text{В}} \right]$
34.	Эффект потенциала течения	$U_e = K_{U_h U_e} \cdot U_h$	$K_{U_h U_e} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \zeta}{\eta \kappa} \left[ \frac{\text{В} \cdot \text{м}^2}{\text{В}} \right]$
35.	Эффект электрофореза	$I_{ml} = K_{U_e I_{ml}} \cdot U_e$	$K_{U_e I_{ml}} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \zeta}{\eta l} \left[ \frac{\text{А}}{\text{В}} \right]$
36.	Эффект тока оседания	$I_e = K_{U_{ml} I_e} \cdot U_{ml}$	$K_{U_{ml} I_e} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \zeta S}{\eta l} \left[ \frac{\text{А} \cdot \text{м}^2}{\text{В}} \right]$
37.	Эффект потенциала оседания	$U_e = K_{U_{ml} U_e} \cdot U_{ml}$	$K_{U_{ml} U_e} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \zeta}{\eta \kappa} \left[ \frac{\text{В}}{\text{В}} \right]$

Используемые обозначения:

Входные или выходные величины:  $U_e, U_{mg}, U_{mb}, U_t, U_h, U_d$  – величины воздействия;  $I_e, I_{mg}, I_{mb}, I_t, I_h, I_d$  – величины реакции;  $Q_e, Q_{mg}, Q_{mb}, Q_t, Q_h, Q_d$  – величины заряда;  $K_{\text{В}_{\text{вых}}/\text{В}_{\text{вх}}}$  – соответствующий коэффициент ФТЭ (где  $\text{В}_{\text{вх}}$  – входная величина ФТЭ и  $\text{В}_{\text{вых}}$  – выходная величина ФТЭ);  $J_0$  – плотность тока через p-n переход [А/м<sup>2</sup>],  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий смещение энергетических зон [Дж/Па],  $T$  – температура [К],  $k$  – постоянная Больцмана [Дж/К],  $\gamma_h$  – вольтовая магниточувствительность, [В/А·Т];  $B$  – магнитная индукция, [Т];  $S_{mg}$  – площадь поперечного сечения диода, [м<sup>2</sup>];  $\gamma$  – пироэлектрический коэффициент [Кл/м<sup>2</sup> К];  $S$  – площадь грани пироэлектрика [м<sup>2</sup>];  $\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость;  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная [Ф/м];  $\tau$  – толщина диэлектрика [м];  $L$  – ширина обкладки конденсатора [м];  $\omega_e$  – количество витков обмотки;  $\omega_{mg}$  – количество витков магнитопровода;  $d$  – пьезомодуль пьезоэффекта, [м/В];  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость;  $\mu_0$  – магнитная постоянная [Гн/м];  $\gamma$  – постоянная магнитострикционного эффекта, [А/м];  $E$  – модуль Юнга для материала магнитостриктора, [Н/м<sup>2</sup>];  $\alpha_{12}$  – коэффициент термо-ЭДС [В/К];  $K_{MR}$  – коэффициент, зависящий от свойств полупроводника;  $\mu_h$  – подвижность носителей заряда, [м<sup>2</sup>/(В·с)];  $\rho_{орв}$  – удельные сопротивления полупроводникового материала при отсутствии магнитного поля и в поле с индукцией  $B$ , [Ом·м];  $B$  – магнитная индукция, [Т];  $S\mu$  – площадь поперечного сечения образца, [м<sup>2</sup>];  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротив-

ления  $[1/K]$ ,  $R_0$  – сопротивление терморезистора при  $0\text{ }^\circ\text{C}$   $[Om]$ ;  $\beta$  – коэффициент нелинейности варистора;  $A$  – постоянный коэффициент, величина которого зависит от типа варистора и температуры;  $\mu_p$  – эффективная подвижность носителей заряда в канале  $[m^2/(B\ c)]$ ;  $l$  – длина канала МДП структуры  $[m]$ ;  $S$  – постоянная эффекта Рига – Ледюка  $[m/A]$ ;  $A^N$  – постоянная эффекта Нернста  $[K \cdot A \cdot m^5 / Дж^2]$ ;  $n_n$  – концентрация электронов  $[1/m^3]$ ;  $C$  – константа, в которую входят все не зависящие от температуры постоянные;  $\alpha$  – показывает зависимость подвижности электронов и дырок от температуры;  $k$  – постоянная Больмана  $[Дж/К]$ ;  $q$  – заряд электрона  $[Кл]$ ;  $K$  – коэффициент тензочувствительности;  $\epsilon l = \Delta l/L$  – относительная линейная деформация;  $R_0$  – сопротивление образца без деформации  $[Om]$ ;  $\alpha'$  – коэффициент эффекта  $[c/m]$ ;  $k$  – коэффициент биметаллического эффекта  $[m/K]$ ;  $A^{NE}$  – коэффициент Нернста  $[m^2/c\ K]$ ;  $J_k$  – диффузионный поток  $k$ -го компонента,  $[моль/(m^2 \cdot c)]$ ;  $D_k$  – коэффициент диффузии  $k$ -го компонента,  $[m^2/c]$ ;  $C_k$  – концентрация  $k$ -го компонента,  $[моль/m^3]$ ;  $R$  – газовая постоянная,  $[Дж/(моль \cdot K)]$ ;  $\Delta\mu_k$  – химический потенциал,  $[Дж/моль]$ ;  $\eta$  – коэффициент вязкости  $[Н \cdot c/m^2]$ ;  $\kappa$  – удельная электропроводность жидкости  $[1/(Om \cdot m)]$ ;  $\zeta$  – электрокинетический или дзета-потенциал  $[В]$ .

На рис. 2. представлена структура базы знаний для синтеза трансдьюсеров, содержащая информацию по перечню эффектов, приведенных выше. Информация о каждом эффекте представлена в виде паспорта, структура которого показана в таблице 2.

Таблица 2

Структура паспорта ФТЭ

Наименование ФТЭ или параметра	
Звено ПСС	Формула ЭИМЦ
Вывод формулы ФТЭ в терминах ЭИМЦ	
Формула коэффициента ФТЭ и его размерность	
Интервал значений коэффициента. Описание величин формулы	Значения эксплуатационных характеристик
Список литературы	
Рисунок технической реализации	Краткое описание

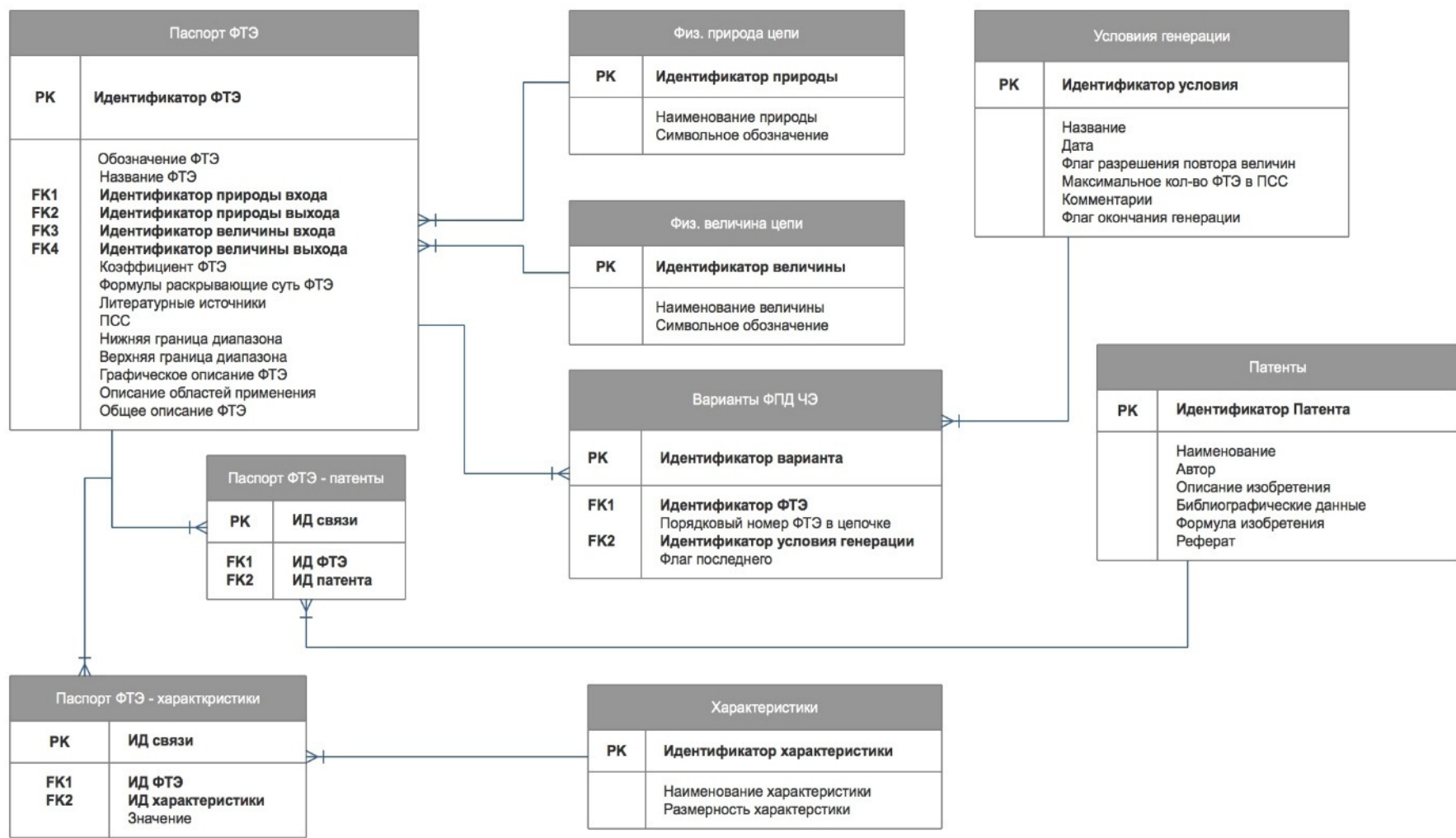


Рис. 2. Структура базы знаний по физико-техническим эффектам

В основе информационной технологии концептуального проектирования биосенсоров лежат теоретические положения энергоинформационных моделей цепей, инвариантных к физической природе процессов, протекающих в технических устройствах. Процесс проектирования биосенсоров можно разбить на 2 этапа. Сначала в базе данных биорецепторов подбираются варианты, распознающие требуемое вещество, и определяется выходная величина этого биорецептора. После этого осуществляется синтез трансдьюсера, для которого выходная величина биорецептора является входной, на основе информации, хранящейся в разработанной базе данных.

Различные виды биорецепторов можно комбинировать с различными трансдьюсерами. Это позволяет создавать большое разнообразие различных типов биосенсоров и отбирать лучшие решения по совокупности эксплуатационных характеристик. Для выбора тест-объекта и объединения его с трансдьюсером необходимо дополнительно создать базу данных тест-объектов и программное обеспечение, позволяющее выбрать тест-объект по заданным параметрам и перейти к синтезу трансдьюсера.

Информационная технология концептуального проектирования биосенсоров [4] с использованием данной базы знаний позволит существенно сократить время разработки новых решений и повысить производительность проектных работ.

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

#### Список литературы

1. Thevenot D. R., Toth K., Durst R A., Wilson G. S. Electrochemical Biosensors: Recommended Definitions and Classification. *Biosens. Bioelectron.*, 2001, 16 (1–2). P. 121–131.
2. Петрова И. Ю., Зарипова В. М., Лежнина Ю. А., Сокольский В. М., Митченко И. А. Энергоинформационные модели биосенсоров // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2015. № 3. С. 35–48.
3. Petrova I., Zaripova V., Lezhnina Yu., Sokolskiy V. Modeling of the Physical Principle of the Processes that is Occurring in Bioselective Elements. *International Journal of Monitoring and Surveillance Technologies Research*. 2015. Vol. 3. P. 43–61. DOI: 10.4018/IJMSTR.2015100103.
4. Зарипова В. М., Петрова И. Ю. Принципы концептуального проектирования биосенсоров // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 9–3. С. 483–488. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40770> (дата обращения: 15.10.2016).

УДК 330

### ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

*И. А. Митченко*

*Астраханский государственный технический университет (Россия)*

В статье рассматривается методический подход к оценке рисков предприятий строительной отрасли. В процедуре оценки рисков можно выделить ряд шагов: поста-