Заключение

Бизнес-процессы на производственном предприятии крайне разнообразны и отличаются высокой степенью взаимосвязи и взаимозависимости. Приложения, поддерживающие бизнес-процессы на предприятии, также многочисленны и разнообразны, но, напротив, являются разобщенными и автоматизируют только один бизнес-процесс или, в некоторых случаях, даже один определенный этап бизнес-процесса. Поэтому создание методики интеграции бизнес-процессов и поддерживающих их приложений в единый программный комплекс является актуальной научно-практической задачей.

Список литературы

1. Борискина И. В. Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика / И. В. Борискина, Н. В. Шведов, А. А. Плотников. – Москва : НИУПЦ «Межрегиональный институт окна», 2005. – Т. 2. Оконные конструкции из ПВХ. – 320 с.

2. Бубарева О. А. Проблемы интеграции множественных источников данных / О. А. Бубарева, Ф. А. Попов. – Москва : Издательство СГУ, 2009. – С. 85–89.

3. Торшин Д. В. Организация единого интегрированного пространства на основе универсального формата обмена данными / Д. В. Торшин. – Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2009. – С. 26–32.

References

1. Boriskina I. V., Shvedov N. V., Plotnikov A. A. *Sovremennye svetoprozrachnye konstruktsii grazhdanskikh zdaniy. Spravochnik proektirovshchika* [Modern translucent constructions of civil buildings]. Vol. 2. Okonnye konstruktsii iz PVKh [Window constructions of PVC]. Moscow, Interregional Window Institute", 2005. 320 p.

2. Bubareva O. A., Popov F. A. *Problemy integratsii mnozhestvennykh istochnikov dannykh* [Problems of multiple data sources integration]. Moscow, 2009, pp. 85–89.

3. Torshin D. V. *Organizatsiya edinogo integrirovannogo prostranstva na osnove universalnogo formata obmena dannymi* [Organisation of the united integrated area on the basis of universal format of data exchange]. Saint-Petersburg, Publishing House of Polytechnical University, 2009, pp. 26–32.

УДК 681.2.084

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ БАЗЫ ЗНАНИЙ О ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Зарипова Виктория Мадияровна, доцент, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева 20а, e-mail: vtempus2@gmail.com

В настоящее время актуальной является задача разработки единого системного подхода в области теории элементов систем управления и информационно-измерительных систем, инвариантного к физической природе используемых явлений и процессов, а также методов и инструментальных средств функционально-структурного проектирования этих элементов. В данной работе предложена объектно-ориентированная модель базы знаний о физико-технических эффектах для системы концептуального проектирования новых элементов информационно-измерительных систем и систем управления на основе энерго-информационной модели цепей и аппарата параметрических структурных схем. Разработаны классы описания паспорта физико-технического эффекта, морфологической мат-

рицы, модели цепочки, отражающей физический принцип действия, модели описания технической реализации, модели описания экспертных оценок характеристик ФТЭ. Это позволило разработать базовую архитектура системы концептуального проектирования и определить основные технические решения для ее разработки.

Ключевые слова: энерго-информационные модели цепей (ЭИМЦ), концептуальное проектирование, объектно-ориентированная модель, базы знаний, физико-технические эффекты, морфологический анализ и синтез

OBJECT-ORIENTED MODEL OF KNOWLEDGE BASE ABOUT PHYSICAL AND TECHNICAL EFFECTS FOR THE SYSTEMS OF CONCEPTUAL DESIGN OF NEW ELEMENTS OF MEASURING AND CONTROL SYSTEMS

Zaripova Virtoriya M., Associate Professor, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: vtempus2@gmail.com

The developing of a unified approach in the theory of control and measurement systems' elements is a topical task, when such approach is invariant to the physical nature of phenomena and processes used, and invariant to the methods and tools of functional and structural design of these elements. In this paper we propose an object-oriented model of the knowledge base on physical and technical effects for the conceptual design of new elements of information-measuring systems and control systems. The design will be based on the energy-information model of circuits and model of parametric structural schemes.

The following classes were developed and described: the passport of physicotechnical effect (PTE), the morphological matrix, chain models reflect the physical principle of the device action, the model of technical implementation of the device, the model describing the characteristics of expert assessments of PTE. This allowed to develop the basic architecture of the system of conceptual design and identify the main technical solutions for its development.

Keywords: energy-information model of circuits (EIMC), conceptual design, object-oriented model, knowledge bases, physical and technical effects, morphological analysis and synthesis

Постановка задачи

Для построения объектно-ориентированной модели базы знаний о физико-технических эффектах и диаграммы классов объектов использована энерго-информационная модель цепей (ЭИМЦ) различной физической природы, описанная в работах [1, 2, 4]. Отличительными признаками этой модели являются:

- представление технического устройства (ТУ) в виде совокупности цепей различной физической природы, взаимодействующих между собой;
- физические процессы внутри каждой цепи описываются однотипными уравнениями (критерии ЭИМЦ) с помощью величин-аналогов и параметров-аналогов;
- цепи различной физической природы взаимодействуют посредством межцепных физико-технических эффектов (ФТЭ).

Процессы, проходящие в техническом устройстве, описываются с помощью специально разработанного аппарата параметрических структурных схем (ПСС). Элементарное звено структурной схемы технического решения изображается в виде прямоугольника с обозначением входной и выходной величин и коэффициента передачи звена внутри. Для звеньев цепи одной физической природы коэффициентом служит значение параметров данного участка цепи. Величина каждого элемента параметрической структурной схемы характеризуется своей природой, формулой расчета, размерностью и интервалом значений входящей величины.

База данных системы представляет собой совокупность стандартизированных описаний физико-технических эффектов (ФТЭ) и внутрицепных зависимостей, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

• каждый ФТЭ или внутрицепная зависимость представляют формализованное в терминах ЭИМЦ описание реального явления, происходящего в физической системе и характеризующегося причинно-следственной связью между двумя или несколькими физическими величинами. В системе физический эффект представлен трехкомпонентной структурой А→В→С, где А – вход, В – объект, С – выход. Под объектом в физическом эффекте (ФЭ) понимается некоторая физическая система, который подвергается воздействиям внешней среды (входным воздействиям), что порождает реакцию, которая называется выходом. Взаимодействие между А и С описывается в терминах ЭИМЦ через коэффициент взаимодействия (так называемая формула ЭИМЦ), а также математической моделью, устанавливающей связь физических величин А и С. При отсутствии такой зависимости дается ее графическая или табличная интерпретация;

• каждый ФТЭ или внутрицепная зависимость могут иметь различные технические реализации, вся потенциальная совокупность которых описывается с помощью морфологической матрицы (набора существенных признаков и их технологических реализаций – значений) и матрицы несовместимости (описывает невозможные сочетания значений признаков);

• каждый ФТЭ или внутрицепная зависимость определяется экспертными оценками набора эксплуатационных характеристик;

• каждый ФТЭ должен иметь стандартное формализованное описание: паспорт ФТЭ (наименование, формула ЭИМЦ, звено ПСС, формула коэффициента, ее вывод и интервал значений коэффициента, значения эксплуатационных характеристик, список использованной литературы, рисунок технической реализации ФТЭ, краткое описание), карта описания ФТЭ (рисунок технической реализации ФТЭ, звено ПСС, наименование ФТЭ, числовые значения его эксплуатационных характеристик) (табл.).

Таблица

Структура паспорта ФТЭ

Наименование ФТЭ	
Формула ЭИМЦ	Звено ПСС
Вывод формулы коэффициента	
Формула коэффициента	Размерность
Интервал значений коэффициента Описание величин формулы	Значения эксплуатационных характеристик
Список литературы	
Рисунок технической реализации	Краткое описание

В системе синтез новых технических решений осуществляется в два этапа.

1. ***Синтез физического принципа действия***. На основе заданных входной и выходной величин производится синтез всех возможных последовательностей звеньев ПСС по принципу: вход следующего равен по параметрам величины и меньше по диапазону изменения выхода предыдущего. Для каждой синтезированной цепи производится расчет эксплуатационных характеристик на основе эксплуатационных характеристик входящих в нее эффектов. Рассчитанные характеристики сравниваются с требованиями пользователя и производится ранжирование и отбор наилучших вариантов.

2. ***Синтез технического решения*** на основе выбора технической реализации для каждого ФТЭ, входящего в цепочку. На основе заполненной экспертами морфологической матрицы ФТЭ и матрицы несовместимости производится синтез всех возможных сочетаний значений признаков и расчет характеристик полученных реализаций. Пользователю выводятся либо все полученные варианты, либо те из них, которые удовлетворяют заданному диапазону характеристик.

Исходя из анализа системы, была предложена следующая модель данных (рис. 1).

1. «Элемент ТУ». Данный класс объединяет в себе ФТЭ и внутрицепную зависимость на основе сходства их операций и характеристик. Основными атрибутами класса являются: наименование, входная и выходная величина, коэффициент преобразования между ними.

a. Входная, выходная величина описываются классом «Величина». Атрибуты: наименование, физическая природа, краткое наименование, используемое в графическом представлении ПСС, существенные качественные, пространственные, временные и специальные характеристики физической величины входа, диапазон изменения величины, выведенный на основе анализа специальной литературы, размерность и характер изменения величины.

b. Коэффициент описывается классом «Формула». Класс «Формула» представляет собой последовательность записанных в текстовом виде операндов и операций.

Кроме того, этот класс характеризуется: рассчитанным значением, размерностью, кратким описанием вывода формулы, описанием и значением физико-технических переменных и констант, входящих в формулу коэффициента. Операнды характеризуются как тип своим кратким наименованием, описанием, размерностью, диапазоном величин, задаваемых пользователем при вводе формулы. Класс операнд позволяет выполнять следующие операции: задать операнд, задать численное значение операнда, рассчитать среднее значение операнда. Над формулой возможны операции: рассчитать (массив операндов-операций пробегается от начала до конца, над затребованным значением каждого операнда выполняется соответствующая операция); вывести на экран (последовательность операндов-операций преобразуется в текстовый формат).

Дополнительными атрибутами класса «Элемент ТУ» являются: математическая модель описания физического принципа действия ФЭ, краткое описание ФПД ФЭ в текстовом виде, описание области его практического применения, список использованных источников, полное текстовое описание ФЭ, схематичное изображение ФПД ФЭ, морфологическая матрица ФЭ, матрица несовместимости (представляет собой массив строк, каждая из которых выражает отношение несовместимости признаков по их порядковым номерам) и набор средних значений эксплуатационных характеристик

Над объектом класса «Элемент ТУ» возможны следующие операции: рассчитать диапазон выходной величины (средний результат расчета формулы, умноженный на диапазон входной величины); построить ПСС (рисунок с краткими наименованиями величин и коэффициента); вывести/ввести паспорт/карту ФТЭ (все элементы паспорта ФТЭ, так же как и карты описания, введены в тип «элемент ТУ»); ввести характеристики, сравнить вход-выход с переданными величинами и определить степень совпадения.

2. Класс «Последовательность» описывает массив элементов ТУ, который строится при операции синтеза. Характеризуется: порядковым номером, набором эксплуатационных характеристик, диапазоном изменения входной и выходной величины. Операции: добавить элемент синтеза (элемент ТУ), рассчитать характеристики (в соответствии с правилами расчета для каждой характеристики), вывести цепочку (путем последовательного прохождения массива на экран выводится цепочка карт элементов), рассчитать среднюю оценку (среднее арифметическое характеристик, служит для последующего ранжирования цепочек), вывести элемент цепочки.

3. Класс «Менеджер синтеза» служит для ранжирования и отбора цепочек. Представляет собой массив цепочек, который можно сортировать и отбрасывать не удовлетворяющие заданным условиям цепочки. Характеризуется: входной, выходной величиной, заданным диапазоном значений характеристик, заданным количеством отобранных цепочек, матрицей ограничений синтеза. Операции: синтезировать цепочки, ранжировать цепочки, отобрать цепочки.

4. Класс «Решение». Описывает выбранную и сохраненную пользователем цепочку синтеза. Характеризуется своим владельцем. Операции: сохранить, удалить, вывести на экран, вывести на печать.

5. Класс «Морфологическая матрица». Массив признаков в порядке их появления на рисунке технической реализации. Из массива признаков выделяется так называемый ведущий признак, который служит для описания объекта ФЭ. Операции: построить реализации (выводит все возможные сочетания согласно матрице несовместимости и производит расчет их характеристик, а также построение рисунка):

• класс «Признак» – массив реализаций. Характеристики: наименование, порядковый номер;

• класс «Реализация». Характеристики: наименование, экспертные значения эксплуатационных характеристик;

• класс «Эксплуатационная характеристика». Атрибуты: наименование, размерность, минимальное и максимальное значение, среднее значение. Операции: занести и редактировать значение, рассчитать среднее;

• класс «Объект ФЭ» – тип, описывающий объект ФЭ. Свойства: структура, фазы – массив типа фаза;

• класс «Фаза» – тип, описывающий гомогенное тело или фазы гетерогенного тела. Свойства: порядковый номер, фазовое состояние (массив), химический состав (массив), электропроводность (массив), магнитная структура (массив), механическое состояние (массив), оптическое состояние (массив), специальные характеристики. Действие: рассчитать комбинации (расчет всех комбинаций состояний).

6. Класс «Пользователь» служит для описания всех категорий пользователей системы. Свойства: ФИО пользователя, логин и пароль, роль пользователя (инженер, администратор, эксперт), личные данные. Операции: зарегистрировать, аутентифицировать, создать профиль и заполнить его данными введенными при регистрации, редактировать и удалить профиль.

На основе разработанных классов описания паспорта физико-технического эффекта, морфологической матрицы, модели цепочки, отражающей физический принцип действия, модели описания технической реализации, модели описания экспертных оценок характеристик ФТЭ предложена базовая архитектура системы концептуального проектирования и определены основные технические решения для ее разработки.

Требования к составу базы знаний системы:

• наличие репродуктивной базы знаний об известных физических эффектах и явлениях. Используется для синтеза физического принципа действия технических систем. Знания представляются в формализованным виде на основе единой модели паспорта физико-технического эффекта, которая содержит краткое и полное описание физико-технического эффекта, входную и выходную величины, описанные в терминах ЭИМЦ, а также усредненные типовые значения эксплуатационных характеристик и формулу расчета коэффициента передачи на основе известных физических законов;

• наличие базы морфологических матриц для описания вариантов технического исполнения элементов на базе одиночных звеньев ФТЭ и выполнения синтеза конструктивных реализаций физического принципа действия технических устройств. Описание морфологической матрицы должно включать наименования ключевых конструктивных элементов (признаки) и их вариантов исполнения (значения), а также балльные оценки сравнительного анализа значений одного и того же признака по эксплуатационным характеристикам;

• наличие базы графических изображений принципа действия физических законов и явлений, а также элементарных морфологических звеньев их технической реализации;

• наличие базы знаний конструктивных приемов улучшения технических характеристик технических средств, которая должна включать описание конструктивных приемов;

• наличие ссылочной базы данных по патентам, использованным в рамках экспертного анализа информации по ФТЭ, а также полученным на основе решений, выданных системой;

• наличие базы полученных пользователями системы решений;

• наличие базы данных об экспертах, которые осуществляют распределенный анализ данных и пополняют базу знаний системы.

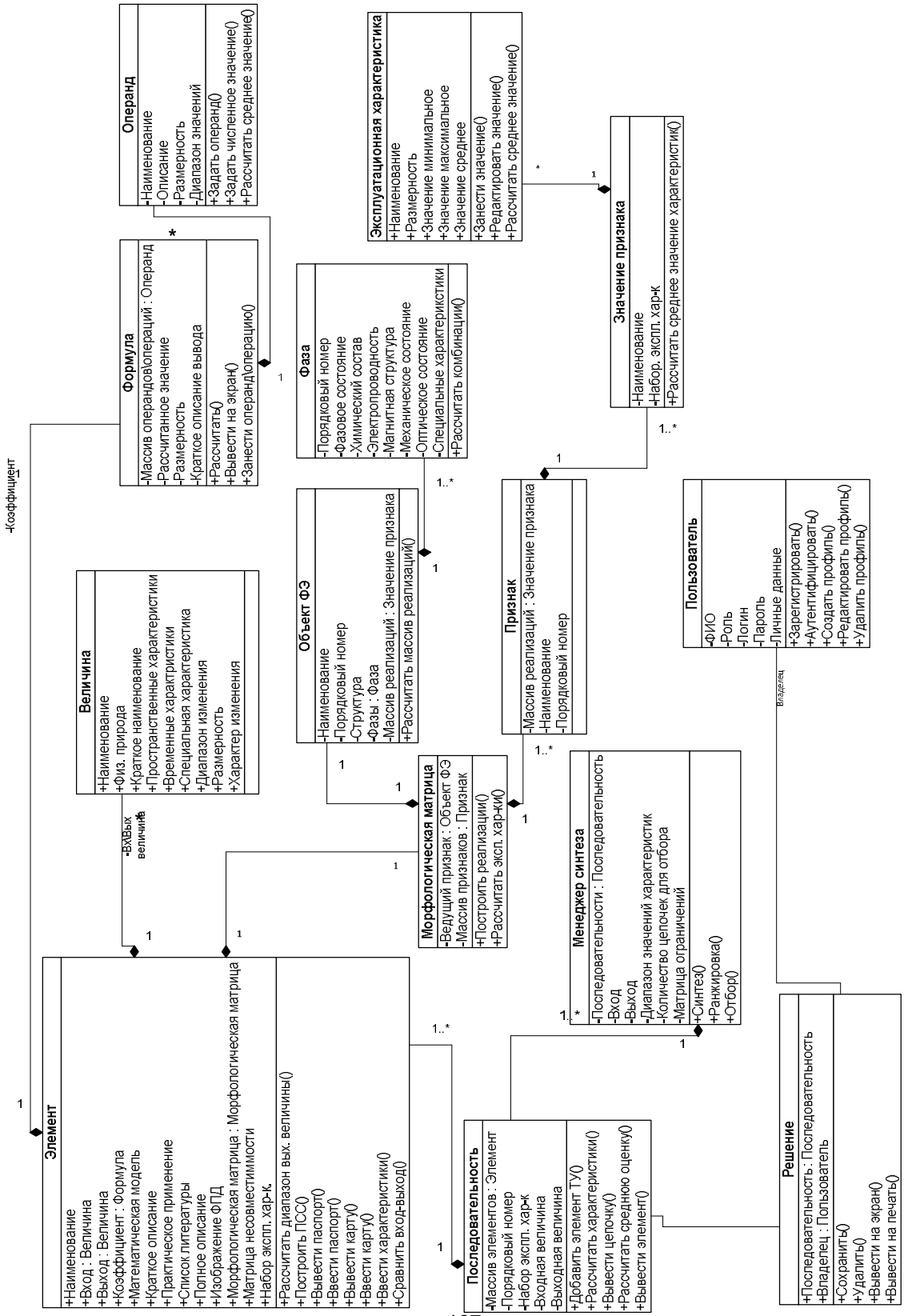

Рис. 1. Диаграмма классов

Требования к функциональным характеристикам базы данных системы:

- возможность пополнения и редактирования содержимого баз данных по физическим эффектам и явлениям, морфологическим матрицам, графическим изображениям, конструктивным приемам и патентам специально обученными пользователями-экспертами;
- возможность просмотра содержимого и осуществления формализованного и гибкого поиска по базам данных по физическим эффектам и явлениям, морфологическим матрицам, конструктивным приемам и патентам для рядовых пользователей – инженеров;
- возможность ввода и редактирования информации по балльным оценкам значений морфологических признаков для пользователей-экспертов;
- возможность хранения и редактирования личного профиля пользователя, а также хранения информации о полученных пользователем решениях для рядовых пользователей;
- поддержка одновременной работы нескольких пользователей с возможностью разграничения прав доступа к компонентам системы и базы знаний согласно группам.

Модель доступа пользователей к данным системы

Для корректного формирования базы знаний системы необходимо рассмотреть модель доступа и категории пользователей системы. Исходя из анализа аналогов [4], была предложена к реализации следующая модель, которая подразумевает распределенный доступ пользователей различных категорий к ресурсам системы. В дальнейшем могут быть добавлены дополнительные категории пользователей, однако рассмотренные категории являются основными и необходимыми для корректного функционирования системы и актуализации баз знаний.

На основе результатов анализа выделены следующие роли пользователей системы: администратор системы, оператор системы, инженер и эксперт, и сформированы уровни доступа пользователей к сервисам системы в соответствии с требуемым уровнем безопасности (рис. 2).

В соответствии с разработанной структурой доступа сформированы правила работы пользователей системы:

- инженеры и эксперты являются основными пользователями системы и имеют доступ к Виртуальному Личному Кабинету пользователя, посредством которого осуществляется хранение данных по работе с системой, хранение личных данных пользователя, а также защищенное хранение результатов работы пользователя;
- инженеры системы являются основными потребителями сервисов системы и в зависимости от внесенной оплаты могут осуществлять:
  - ✓ просмотр базы данных в ограниченном или полном объеме, без возможности редактирования;
  - ✓ ограниченное количество операций генерации решения;
  - ✓ частичный или полный вывод сгенерированного решения/решений («отчета синтеза»);
  - ✓ блокировку сгенерированных решений и их изъятие из БД на ограниченный период времени с целью исключения их из перечня решений доступных другим пользователям системы;
- эксперты поддерживают актуальность базы данных посредством формирования наборов оценок характеристик ФТЭ или элементов морфологической матрицы ФТЭ. В рамках своей работы эксперты имеют право на ограниченное изменение баз данных системы, однако при этом необходимо исключить возможность непреднамеренного или преднамеренного искажения информации экспертом. Для привлечения экспертов планируется предоставлять им также права инженера по сниженной цене, либо бесплатно. Таким образом, эксперты имеют право на реализацию следующих функций:
  - ✓ неограниченный просмотр базы данных ФТЭ;

✓ внесение информации по экспертным оценкам в паспорта ФТЭ (ограниченно администратором);

✓ формирование отчета экспертного анализа;

• операторы системы являются техническим персоналом, ответственным за пополнение базы данных системы в рабочем порядке и осуществляющими контроль за рабочим процессом и нормальным функционированием системы. Операторы имеют доступ к следующим функциям:

✓ возможность генерации итогов экспертного анализа и блокирования паспорта ФТЭ от изменений;

✓ возможность редактирования данных системы;

✓ возможность редактирования внешнего вида интерфейсов системы;

• администратор системы является пользователем, имеющим неограниченные права на функциональность системы и модерирование деятельности других пользователей. В частности, только администратор может принять решение о первоначальном выделении доступа эксперту на основе присланной экспертом анкеты. Другие доступные администратору функции:

✓ возможность просмотра отчетов о деятельности пользователей с целью блокировки недобросовестных пользователей системы;

✓ возможность блокирования и разрешения доступа к системе.

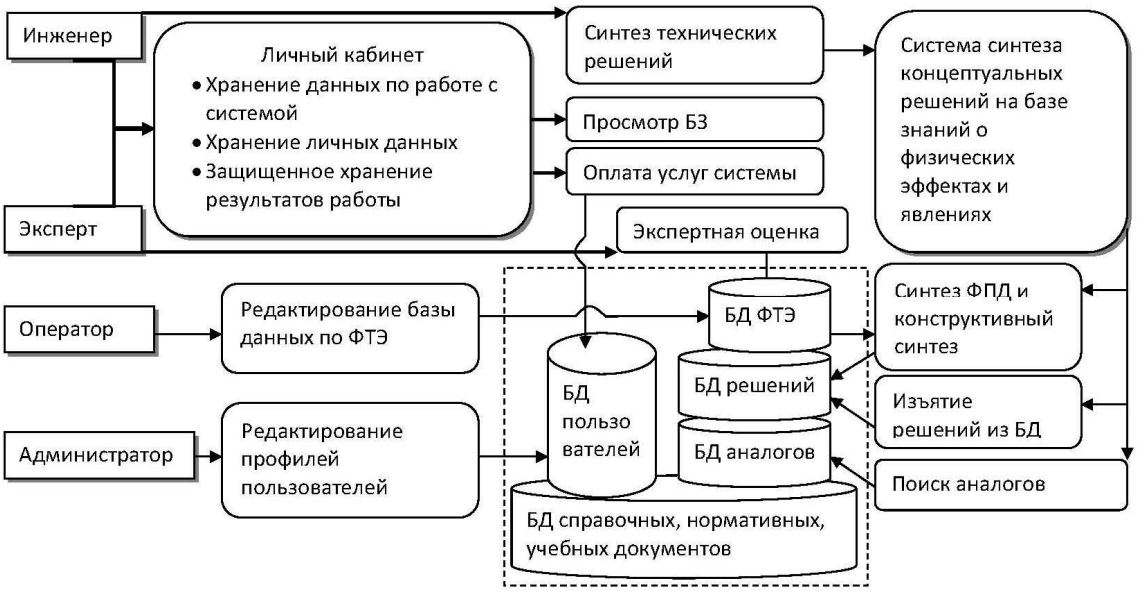

Рис. 2. Структура доступа пользователей к сервисам системы

Заключение

Описанная в статье модель архитектуры позволяет разработать систему автоматизированной поддержки этапа концептуального проектирования элементов информационно-измерительных систем и систем управления.

Система может быть предназначена для поиска и анализа технических решений в области:

• узлов машин и механизмов;

• операций технологических процессов;

• датчиковой аппаратуры.

Благодаря использованию базы знаний по физико-техническим эффектам система позволяет 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.
Потенциально такую систему можно использовать в следующих областях:

- системы автоматизированного проектирования;
- экспертиза и проверка предлагаемых решений;
- консультативная помощь при автоматизации объектов и процессов;
- разработка «интеллектуальных» систем;
- обучение техническому творчеству;
- индивидуальная работа конструкторов, проектировщиков и изобретателей.

Список литературы

1. Гурская Т. Г. Разработка пошагового алгоритма морфологического синтеза с разделением конструктивных признаков / Т. Г. Гурская, В. М. Зарипова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. – № 4 (12). – С. 29–35.
2. Зарипов М. Ф. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления / М. Ф. Зарипов, И. Ю. Петрова // Датчики и системы. – 1999. – № 5. – С. 10–17.
3. Зарипова В. М. Классификация автоматизированных систем поддержки инновационных процессов на предприятии (Computer aided innovation – CAI) / В. М. Зарипова, И. Ю. Петрова, Е. С. Цырульников // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 1 (17). – С. 26–35.
4. Petrova I. Systems of engineers training on base of Internet technologies / I. Petrova, V. Zaripova // Modern (e-)Learning : Proceedings of the International Conference. – Sofia: FOI-COMMERCE, 2006.

References

1. Gurskaya T. G., Zaripova V. M. Razrabotka poshagovogo algoritma morfologicheskogo sinteza s razdeleniem konstruktivnykh priznakov [Elaboration of step-by-step algorithm of morphological synthesis with differentiation of structural attributes]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2010, no. 4 (12), pp. 29–35.
2. Zaripov M. F., Petrova I. Yu. Energoinformatsionnyy metod analiza i sinteza chuvstvitelnykh elementov sistem upravleniya [Energy-information method of analysis and synthesis of control systems' sensors]. *Datchiki i sistemy* [Sensors and Systems], 1999, no. 5, pp. 10–17.
3. Zaripova V. M., Petrova I. Yu., Tsyrulnikov Ye. S. Klassifikatsiya avtomatizirovannykh sistem podderzhki innovatsionnykh protsessov na predpriyatii (Computer aided innovation – CAI) [Classification of automated systems of innovative processes at enterprise (Computer aided innovation – CAI)]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2012, no. 1 (17), pp. 26–35.
4. Petrova I., Zaripova V. Systems of engineers training on base of Internet technologies. *Modern (e-)Learning: Proceedings of the International Conference*. Sofia, FOI-COMMERCE, 2006.