

- // Технологии в электронной промышленности. 2005. № 6. С. 52-54.
4. Шмаков М. Выбор системы рентгеновского контроля. Взгляд технолога // Технологии в электронной промышленности. 2006. № 4. С. 60-68.
  5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006. 1072с.
  6. Ерёмин О.Ю. Распознавание изображений, полученных в результате аэрофотосъемки // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. – М.: МИЭМ, 2007.
  7. Carpenter G.A., Grossberg S.A. A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine // Computer Vision, Graphics, and Image Processing. 1987. № 37 PP. 54-115.

*Ерёмин Олег Юрьевич,  
аспирант, кафедра ИТАФ МИЭМ.*

*Тумковский Сергей Ростиславович,  
д-р техн. наук, зав. кафедрой ИТАФ МИЭМ.  
e-mail: srt@mitme.ru*

**В.В. Жалнов, А.А. Гаршин**

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВВФ ПРИ ПРОЕКТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

При расчетах эксплуатационной интенсивности отказов электрорадиоизделий в настоящее время используется интегральная оценка влияния внешних воздействующих факторов, что может привести к существенной погрешности расчетной оценки надежности. Все это приводит к необходимости разработки методов и средств дифференцированной оценки влияния внешних воздействующих факторов, которые рассматриваются в настоящей статье.

**Ключевые слова:** внешние воздействующие факторы, интенсивность отказов, оценка надежности

**Д**ля учета влияния внешних воздействующих факторов (ВВФ) при расчетной оценке надежности электронных средств (ЭС) в математические модели эксплуатационной интенсивности отказов электрорадиоизделий (ЭРИ) введен коэффициент эксплуатации (Кэ) [1]. Кэ учитывает степень жесткости условий эксплуатации и показывает, во сколько раз интенсивность отказов ЭРИ в электронном средстве конкретного класса (группы) эксплуатации по ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2]) выше при всех прочих равных условиях, чем в наземном стационарном ЭС (группа 1.1). Для ЭС группы 1.1 значение коэффициента эксплуатации принято равным 1.

Вместе с тем, приведенная в ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2] классификация ЭС основана на перечнях

**V.V. Zhadnov, A.A. Garshin**

## **METHODS AND MEANS OF THE DIFFERENTIATED ESTIMATION OF INFLUENCE OF EXTERNAL INFLUENCING FACTORS AT THE DESIGN RESEARCHES OF RELIABILITY OF ELECTRONIC MEANS**

In spite of the fact that the considerable share of refusals is caused by external influencing factors, at calculations of operational failure rate ratio of products. The integrated estimation of their influence now is used. It can lead to an essential error of settlement estimation. All it leads to necessity of working out of methods and means of the differentiated estimation of influence of external influencing factors which are considered in the present article.

**Keywords:** external influencing factors, failure rate, reliability estimation

ВВФ и диапазонах их изменения. Другими словами, несмотря на то, что в основу классификации ЭС на группы в ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2] положен дифференцированный подход, основанный на характеристиках ВВФ, при расчете эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ их влияние учитывается интегральным коэффициентом  $K_p$ .

Это вполне допустимо, если уровни ВВФ, действующие на ЭС, полностью соответствуют классификационным признакам какой-либо группы. Однако на практике не редки случаи, когда уже в ТЗ, кроме группы, прописываются отдельные ВВФ и их характеристики, отличающиеся от приведенных в ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2] для данной группы.

Поэтому актуальной является задача разработки модели и методов расчета значений  $K_3$ , учитывающих влияние каждого из ВВФ. Это особенно важно для расчета эксплуатационной интенсивности отказов тех ЭРИ, у которых значения коэффициентов модели не зависят от рабочей температуры, например:

$$\lambda_3 = \lambda_6 \cdot K_3 \cdot K_{пр} \quad (1)$$

А такие модели имеют более половины всех классов ЭРИ, приведенных в [1]. И это притом, что реальные (рабочие) значения тепловых воздействий в месте установки ЭРИ могут отличаться от значений температуры среды, окружающей ЭС, на десятки градусов, не говоря уже о механических воздействиях, значения которых могут отличаться в десятки и сотни раз (например, амплитуда ускорений при воздействии гармонической вибрации).

Модель позволяет получить значение  $K_3$  для значений рабочих характеристик каждого ВВФ в месте установки ЭРИ при условии, что известен процент отказов по каждому ВВФ. В этом случае для  $K_3$  можно предложить следующую математическую модель:

$$K_3 = -\ln \left\{ 1 - \sum_{i=1}^2 \left[ \frac{n_i}{100} \cdot \left[ \sum_{j=1}^{J_i} \frac{m_{i,j}}{100} \cdot [1 - \exp\{-K_3(z_{i,j}^{раб})\}] \right] \right] \right\}, \quad (2)$$

где  $n_i$  – процент отказов по  $i$ -му виду ВВФ, [%];  $i$  – номер вида ВВФ (механические воздействия –  $i = 1$ . климатические –  $i = 2$ );  $m_{i,j}$  – процент отказов по  $j$ -му типу ВВФ  $i$ -го вида, [%];  $j$  – номер типа ВВФ ( $j = 1, J_i$ );  $J_i$  – количество типов ВВФ  $i$ -го вида;  $K_3(z_{i,j}^{раб}) = \min_{j=1, J_i} \{K_3(z_{i,j}^k)\}$ , при условии, что величина

$z_{i,j}^{раб}$  принадлежит области  $Z_{i,j}^k$ , где:  $z_{i,j}^{раб}$  – рабочее (расчетное) значение  $j$ -го ВВФ  $i$ -го вида, действующего на данный ЭРИ;  $Z_{i,j}^k$  – область изменения  $j$ -го ВВФ  $i$ -го вида, действующего в месте установки ЭС (заданная для  $k$ -той группы в ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2]).

Значения  $n_i$  и  $m_{i,j}$  могут быть получены по результатам испытаний и подконтрольной эксплуатации на предприятиях-разработчиках ЭС. Что касается значений  $z_{i,j}^{раб}$ , то они могут быть рассчитаны с помощью многочисленных отечественных и зарубежных программ (см., например, [3]). На рис. 1, в качестве примера приведен фрагмент выходного файла подсистемы АСОНИКА-ТМ [4] в формате *.txt*

Естественно, что применение модели (2) существенно повышает трудоемкость расчетов надежности даже для ЭС, содержащих относительно небольшое число ЭРИ, не говоря уже об ЭС, содержащих десятки и сотни тысяч ЭРИ. Поэтому использование модели (2) требует создания средств автоматизации расчетов надежности.

В качестве основы для создания такого программного средства была выбрана система АСОНИКА-К-СЧ [5] программного комплекса АСОНИКА-К (рис. 2).

Для программной реализации метода дифференцированной оценки влияния ВВФ при проектных исследованиях надежности электронных средств была создана новая версия системы, в состав которой, в отличие от существующей, были включены следующие модули:

- модуль расчета коэффициента эксплуатации;
- модуль конвертирования данных подсистемы АСОНИКА-ТМ;
- модуль администрирования информационно-справочной части базы данных (ИСЧБД);
- модуль формирования карт режимов работы (КРР).

#### МОДУЛЬ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Модуль предназначен для работы с проектами, созданными в системе АСОНИКА-К-СЧ. Для любого проекта, сохраненного в проектной (или архивной) части БД системы АСОНИКА-К-СЧ, он позволяет задать рабочие значения ВВФ ( $z_{i,j}^{раб}$ ) и процент отказов по  $j$ -му типу ВВФ  $i$ -го вида ( $m_{i,j}$ ) на каждый ЭРИ. Возможно как ручное редактирование параметров ( $z_{i,j}^{раб}$ ), так и автоматическое, путем конвертирования выходных файлов подсистемы АСОНИКА-ТМ.

Расчет проводится в следующем порядке [6]:

- для каждого ВВФ и для каждого элемента ЭС ищется группа ЭС с наименьшим значением коэффициента эксплуатации ( $K_3$ ) и значениями воздействий, большими или равными заданным ( $z_{i,j}^{раб}$ );
- рассчитывается значение  $K_3$  ЭРИ по модели (2);
- на основании новых значений  $K_3$  пересчитываются значения интенсивности отказов ЭРИ в режиме эксплуатации и хранения;
- на основании новых значений интенсивностей отказов ЭРИ в режиме эксплуатации и хранения пересчитываются значения показателей надежности ЭС. Интерфейс пользователя модуля расчета коэффициента эксплуатации показан на рис. 3.

Кроме того, модуль позволяет провести графический анализ влияния конкретного ВВФ на показатели надежности ЭС.

Для формирования исходных данных в модуле используются база данных системы АСОНИКА-К-СЧ и специализированная БД ВВФ, содержащая данные ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2].

Так как при вычислениях выполняется огромное число запросов к базам данных, в условиях, когда до-

**КАРТА МЕХАНИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭРИ  
(при акустическом шуме)**

N п/п	ОБОЗНАЧЕНИЕ ЭРИ	С Т О Р О Н А	У С К О Р Е Н И Е   Э Р И			КОЭФ-ЭНТ МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЭРИ, [ОТ. ЕД.]	ПЕРЕГРУЗКА ЭРИ, [g]
			ЧАСТОТА, [Гц]	МАКСИМАЛЬНОЕ РАСЧЕТНОЕ, [g]	МАКСИМАЛЬНОЕ ДОПУСТИМОЕ ПО ТУ, [g]		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	R1	1	537.10	32.83	40.00	0.820	101.86
2	R2	1	537.10	141.86	40.00	3.550	101.86
3	R3	1	537.10	141.86	40.00	3.140	85.79
4	C1	1	537.10	125.79	40.00	3.140	85.79
5	C4	1	537.10	125.79	40.00	3.140	85.79

Рис. 1. Фрагмент выходного файла подсистемы АСОНИКА-ТМ

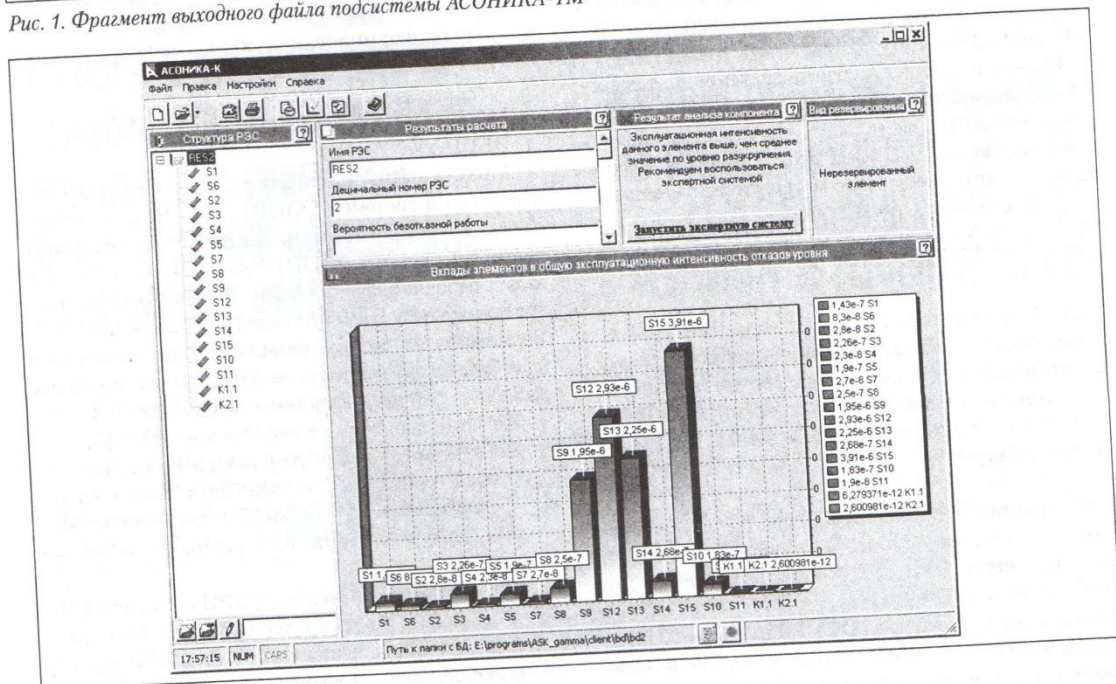


Рис. 2. Система АСОНИКА-К-СЧ

ступ к этим БД осуществляется через сеть, время выполнения расчета одного ЭРИ может достигать 1 минуты. Для устранения этого недостатка модуль сохраняет в памяти результаты предыдущих запросов («кеширует» данные). Таким образом, время расчета одного ЭРИ сокращается до 5-10 секунд, и одновременно значительно падает нагрузка на сервер БД и локальную сеть.

Как отмечалось выше, при разработке программного модуля появилась потребность в хранении и обработке большого количества данных, связанных между собой определенным образом. Т.к. в СЧБД си-

стемы АСОНИКА-К-СЧ используется сетевая модель, то была выбрана СУБД ORACLE 10g Express Edition. Эта СУБД является достаточно эффективной, защищенной и доступной в работе, в том числе и в технологии «клиент-сервер». По своим основным функциональным характеристикам СУБД ORACLE 10g обеспечивает логическую независимость данных, поддержку целостности (непротиворечивости) БД и разграниченности полномочий доступа. Она легко настраивается на конкретные условия применения, следит за контролем избыточности (восстановления или удаления данных, содержащихся в БД в несколь-

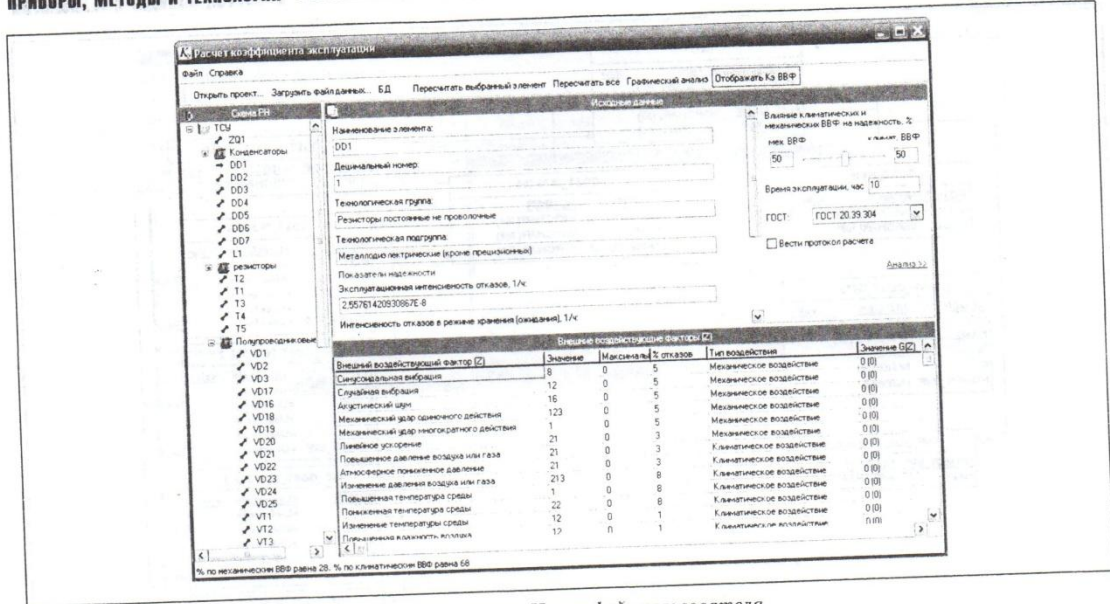


Рис. 3. Модуль расчета коэффициента эксплуатации: Интерфейс пользователя

ких копиях, при этом возрастает свойство сохранности данных), а также обладает свойством дублирования (резервирования) базы данных. При этом немаловажен и экономический фактор, т.к. данная версия СУБД ORACLE 10g Express Edition является общедоступным и свободно распространяемым программным продуктом компании ORACLE.

В результате была создана специализированная БД ВВФ, представляющая собой реляционную базу данных, физическая модель которой приведена на рис. 4.

БД представляет собой базу данных, структура которой не изменяется в 90% случаев изменения справочных данных (например, коэффициентов математической модели (2), процента отказов по  $j$ -му типу ВВФ  $i$ -го вида ( $m_{ij}$ ), области изменения  $j$ -го ВВФ  $i$ -го вида, действующего в месте установки ЭС ( $Z_{ij}^k$ ), и т.д.).

Изменение структуры БД неизбежно только при появлении (исчезновении) коэффициентов математической модели (2), да и то только в том случае, если для данного коэффициента требуется определенный набор данных, содержащийся в одной или нескольких таблицах БД. В этом случае добавляются (удаляются) таблицы или столбцы таблиц, содержащие эти данные. Изменение структуры БД возможно и при появлении новых редакций стандарта ГОСТ РВ 20.39.304-98 [2]). В этом случае происходит добавление таблиц и (или) изменение таблиц БД, содержащих общие параметры. Структуры же этих таблиц не изменяются.

#### МОДУЛЬ КОНВЕРТИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПОДСИСТЕМЫ АСОНИКА-ТМ

Исходные данные для расчета коэффициента эксплуатации с учетом ВВФ (рабочие температуры, значения ускорений вибрации, ударов и др.) можно получить из выходных файлов подсистем моделирования тепловых и механических процессов системы АСОНИКА, в частности, подсистемы АСОНИКА-ТМ.

Для подключения выходных файлов этой подсистемы к программному модулю расчета коэффициента эксплуатации был разработан специализированный конвертер (рис. 5). Конвертер [7] позволяет подключать текстовые выходные файлы, в которых данные расчета представлены в виде таблицы. Пример такого файла приведен выше, на рис. 1.

Модуль конвертирования данных считывает из этой таблицы (см. рис. 1) колонки №№ 2 и 5. Чтобы можно было подключать различные файлы такого формата без изменения программного кода модуля, был создан текстовый файл, позволяющий связать текст шапки выходного файла подсистемы АСОНИКА-ТМ с идентификатором ВВФ, используемым в модуле. Этот файл под именем *include.txt* хранится в папке с модулем конвертирования данных.

#### МОДУЛЬ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ ЧАСТИ БАЗЫ ДАННЫХ

СЧБД системы АСОНИКА-К-СЧ содержит данные, необходимые для расчетов показателей на-

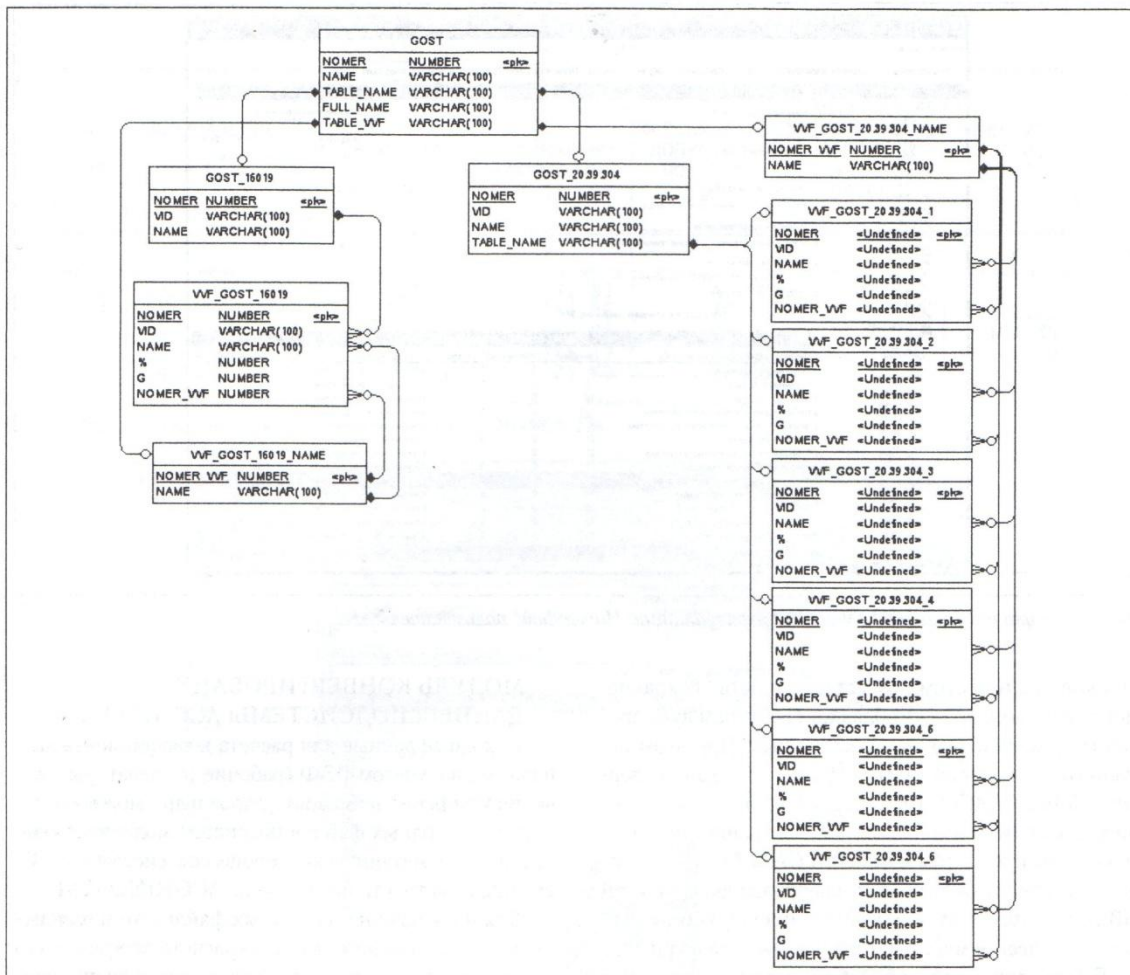


Рис. 4. Физическая модель специализированной БД ВВФ

дежности ЭС. Однако в процессе эксплуатации системы выяснилось, что этой информации может оказаться недостаточно, особенно при решении задач, связанных с вопросами обеспечения надежности. Например, критерием выбора более надежного ЭРИ хотя и служат в первую очередь его характеристики надежности, но при этом существуют и ограничения возможности его применения, например, массо-габаритные характеристики, предельно-допустимые электрические режимы и т.п. Поэтому была создана новая версия СЧБД, в которую были добавлены две новые таблицы: *FIELDS\_NAME*, *VID\_CORPUSA*.

В таблице *FIELDS\_NAME* хранится перечень ЭРИ для каждого класса в виде названия поля в таблице и его русского обозначения.

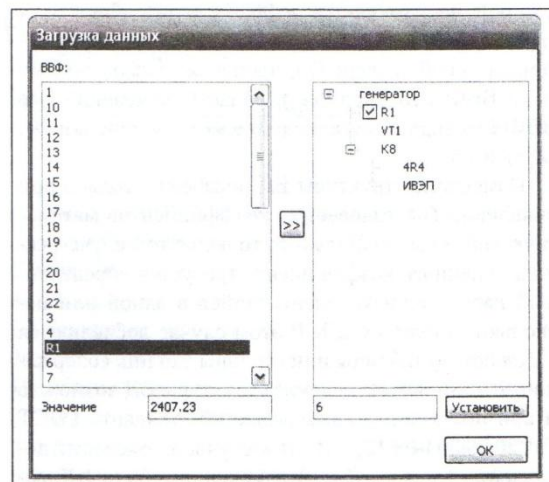


Рис. 5. Модуль конвертирования данных подсистемы АСОНИКА-ТМ

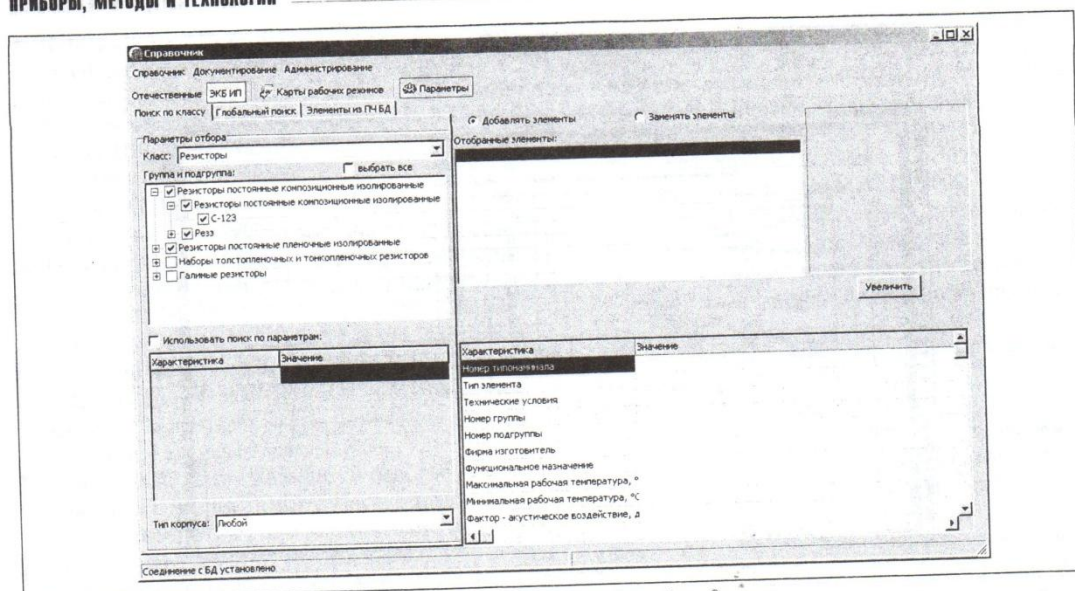


Рис. 6. Модуль администрирования информационно-справочной части базы данных

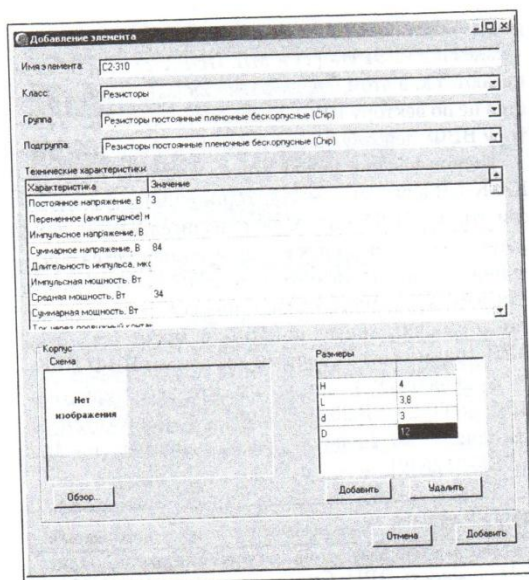


Рис. 7. Окно добавления нового ЭРИ в СЧБД

Таблица *VID\_CORPUSA* предназначена для хранения изображения каждого ЭРИ и его геометрических характеристик. Изображение ЭРИ хранится в формате *.bmp*.

Также в таблицы СЧБД были добавлены новые классы из отечественного справочника ЭКБ ИП. Формат таблиц добавленных классов позволяет ис-

пользовать их в системе АСНИКА-К-СЧ без внесения изменений в ее программный код.

Главное окно модуля администрирования информационно-справочной части базы данных поделено на две части (рис. 6).

В левой части окна пользователь задает критерии для выбора ЭРИ, а в правой отображаются выбранные ЭРИ и выводятся их параметры. ЭРИ могут быть выбраны из СЧБД системы АСНИКА-К-СЧ по классу или по имени. Также можно выбрать ЭРИ из ПЧБД или АЧБД системы АСНИКА-К-СЧ. Выбранные ЭРИ отображаются в правой части окна. Возможен и расширенный поиск как по параметрам, так и по типу корпуса. У найденных ЭРИ можно посмотреть значения их параметров и изображения.

Соединение с базами данных системы АСНИКА-К-СЧ осуществляется с помощью технологии *ODAC*, позволяющей обращаться к базам как локально, так и через сеть. При этом на рабочем компьютере и сервере СУБД *Oracle* не требуется установки дополнительного программного обеспечения.

Модуль администрирования информационно-справочной части базы данных позволяет не только просматривать, но и добавлять новые элементы в СЧБД системы АСНИКА-К-СЧ (рис. 7).

Для каждого ЭРИ можно задать значения его параметров, в том числе и геометрические параметры, и загрузить его изображение. Перечень параметров, а также значения «по умолчанию» для каждого класса ЭРИ берутся из групповой таблицы. В каждом клас-

4. Шалумов А.С. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах СALS-технологий: Т. 1. / А.С. Шалумов, Ю.Н. Кофанов, Н.В. Малютин, Д.А. Способ, В.В. Жаднов, В.Н. Носков, А.С. Ваченко. // Под ред. Ю.Н. Кофанова, Н.В. Малютина, А.С. Шалумова. – М.: Энергоатомиздат, 2007. 538 с.
5. Расчет показателей безотказности и сохраняемости электронных средств с общим резервированием (АСОНИКА-К-СЧ): Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2000611729 / В.В. Жаднов, И.В. Жаднов, С.П. Замираев С.Н. Полесский. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2006.
6. Гаршин А.А. Автоматизация метода расчета надежности с учетом ВВФ // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ: Тез. докладов. / Ред. кол.: В.Н. Азаров, И.Н. Бородулин, М.В. Карасев и др. – М.: МИЭМ, 2007.
7. Гаршин, А.А. Автоматическая конвертация выходных файлов подсистемы «АСОНИКА-Р» в проекты подсистемы «АСОНИКА-К» // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ: Тез. докладов. / Ред. кол.: В.Н. Азаров, И.Н. Бородулин, М.В. Карасев и др. – М.: МИЭМ, 2009.
8. РД В 319.01.09-94. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Руководство по оценке правильности применения ЭРИ в РЭА.
9. MIL-HDBK-217F. Reliability prediction of electronic equipment.

*Жаднов Валерий Владимирович,  
канд. техн. наук, доцент, МИЭМ  
e-mail: jadnov@mitme.ru*

*Гаршин Александр Александрович,  
аспирант, МИЭМ  
e-mail: agarshin@vgtrk.com*

**А.А. Боганов**

### **ОСНОВА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ АТМОСФЕРНЫХ КАНАЛОВ**

Рассмотрены основные условия инсталляции оптоэлектронного атмосферного канала (ОАК) на объекте. Приведены математические расчеты углового расхождения инфракрасного луча оптической системы. Описана система кодирования информации и дано обоснование ее применения в работе ОАК. Представлены рисунки системы ОАК и системы кодирования информации.

**Ключевые слова:** Оптоэлектронный атмосферный канал, оптическая система, оптическая ось, световое пятно, система кодирования, импульс

**A.A. Boganov**

### **BASIS OF THE FIRMWARE REALIZATION OF OPTICAL-ELECTRONIC ATMOSPHERIC CHANNELS**

The basic conditions of installation of the optical electronic atmospheric channel (OEAC) on object are considered. Mathematical calculations of an angular divergence of an infra-red beam of optical system are resulted. The system of coding of the information is described and the substantiation of its application in work OEAC is given. Drawings of system OEAC and system of coding of the information are presented.

**Keywords:** the optical electronic atmospheric channel, optical system, optical axis, light stain, coding system, impulse

**П**рограммно-аппаратная реализация оптоэлектронного атмосферного канала (ОАК) заключается в следующем:

- определение оптических и электрических параметров ОАК;
- точность установки и наводки ОАК;

- расчет влияния внешних оптических помех на работу ОАК;
- разработка системы кодирования информации. Расчет оптической системы заключается в определении доли излучаемой мощности, попадающей на фотоприемник.