

БАЗА ДАННЫХ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Жаднов В.В., Полесский С.Н., Мальгин Ю.В., Якубов С.Э.
Московский Государственный институт электроники и математики
(Технический университет),
serg@asonika-k.ru

Постановка задачи

Факторы, влияющие на безотказность РЭА при ее эксплуатации, принято называть эксплуатационными факторами (внешними воздействующими факторами). В соответствии с [1] внешние воздействующие факторы (ВВФ) подразделяются на две большие группы: климатические и механические.

В справочнике «Надежность ЭРИ» приведены значения коэффициента, зависящего от жесткости условий эксплуатации (K_3) для разных групп аппаратуры. Каждая группа аппаратуры характеризуется перечнем воздействий и диапазонами их изменения.

Однако на практике часто встречаются случаи, когда параметры воздействий не совпадают с диапазонами, приведенными в [5]. В этом случае целесообразно использовать модель K_3 [1]. Использование этой модели приводит к повышению трудоемкости расчетов K_3 . Поэтому возникла необходимость разработки базы данных (БД) по ВВФ для автоматизации этого процесса.

Математическая модель K_3

При расчете надежности одной из важнейших задач является учет влияния климатических и механических ВВФ на изменение величины эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ. В применяемых сейчас моделях для этого введен коэффициент K_3 , величина которого зависит от класса аппаратуры, а тот, в свою очередь, определяется на основе характеристик ВВФ. Так как предполагается, что величина K_3 зависит только от характеристик ВВФ, действующих в месте установки РЭА на объекте, то значение K_3 для всех ЭРИ данного типа будут одинаковыми. Однако на практике уровни рабочих воздействий ВВФ на ЭРИ, расположенных в разных местах конструкции, могут отличаться в десятки и сотни раз по сравнению с уровнями входных воздействий ВВФ на РЭА.

Для расчета K_3 применяется математическая модель, позволяющая получить значение коэффициента эксплуатации для значений рабочих характеристик каждого ВВФ в месте установки ЭРИ, при условии, что известен процент отказов по каждому ВВФ:

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

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; $K_3 \cdot (Z_{i,j}^{\text{раб}}) = \min K_3 \cdot (Z_{i,j}^k)$, при условии, что величина $Z_{i,j}^{\text{раб}}$ принадлежит области $Z_{i,j}^k$, где: $Z_{i,j}^{\text{раб}}$ - рабочее (расчетное) значение j -го ВВФ i -го вида, воздействующего на

данный ЭРИ; $Z_{i,j}^k$ - область изменения j -го ВВФ i -го вида, действующего в месте установки РЭА (заданная для k -ой группы в [5]).

База данных по внешним воздействующим факторам

БД необходима для проведения перерасчета коэффициента эксплуатации (Кэ) ЭРИ, которые проводятся с помощью программы АСОНИКА-К-ВВФ. Основой БД являются наборы данных, представленные в электронных таблицах. На наборы данных накладываются программные средства для общения с пользователями, которые демонстрируют их в стандартизированном и понятном виде. В нашем случае набор данных определяется условиями эксплуатации ЭРИ в тех или иных случаях, в частности данные условия определяются [4], [5], а так же физическими константами, необходимыми для проведения перерасчета коэффициента эксплуатации.

Разработка модели БД

При разработке программы АСОНИКА-К-ВВФ появилась потребность в хранении и обработке большого количества данных, связанных между собой определенным образом. В результате была выбрана реляционная модель базы данных. Так как для обеспечения централизованного накопления и коллективного многоцелевого использования данных необходимо использовать сетевую модель, то была выбрана система управления базой данных (СУБД) *ORACLE 10g Express Edition*. Она является наиболее 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 разграниченность полномочий доступа. Она легко настраивается на конкретные условия применения, следит за контролем избыточности (восстановлении или удалении данных, содержащихся в БД в нескольких копиях, при этом возрастает свойство сохраняемости данных), а также обладает свойством дублирования (резервирования) базы данных. При этом так же немаловажен и экономический фактор, т.к. данная версия СУБД *ORACLE 10g Express Edition* является общедоступным и свободно распространяемым программным продуктом компании *ORACLE*.

В ходе выполнения работы основное внимание было уделено решению двух групп исходных задач. Первая группа включает следующие задачи:

- разработка концептуальной модели хранения первичных данных на каждую группу аппаратуры: соотношения каждого внешнего воздействующего фактора и соответствующей ему нагрузки (ускорения) при определении коэффициента эксплуатации (Кэ) на машинных носителях;
- определение иерархической соподчиненности исходной информации в реляционной базе данных (данная модель данных была описана выше);

• выбор способа представления первичных данных и отчетных документов;

Задачи первой группы непосредственно относятся к перечню исходных постулатов, которые должны быть положены в основу проектируемой системы баз данных. Без их решения невозможно функционирование информационной системы. Вторая группа задач ориентирована на обработку и обобщение первичных данных на каждую группу аппаратуры с последующим выходом на решение конкретных вопросов перерасчета коэффициента эксплуатации. Основными среди них являются:

- процентное соотношения каждого внешнего воздействующего фактора при определении группы аппаратуры;

- ускорение (нагрузка), [5] соответствующее данному ВВФ для данной группы аппаратуры;

Задачи второй группы не входят непосредственно в информационную систему. Они составляют категорию внешних приложений к системе, и могут быть реализованы с помощью стандартных прикладных программ. При этом, основным условием, предъявляемым к разрабатываемой системе баз данных является возможность формирования выходных наборов данных в форматах, пригодных для их дальнейшей обработки.

Основной задачей в процессе проектирования любой базы данных является разработка трех взаимосвязанных моделей:

- а) концептуальной;
- б) информационно-логической;
- в) физической.

Концептуальная модель БД

Важной предпосылкой успешного функционирования любой информационной системы является адекватность информационного отображения в ней соответствующей предметной области: составляющих ее объектов и явлений, их свойств и взаимоотношений. Поэтому исходным этапом при проектировании этого отображения является разработка концептуальной модели данных.

Ниже на рис. 1 приведена концептуальная модель БД по по внешним воздействующим факторам.

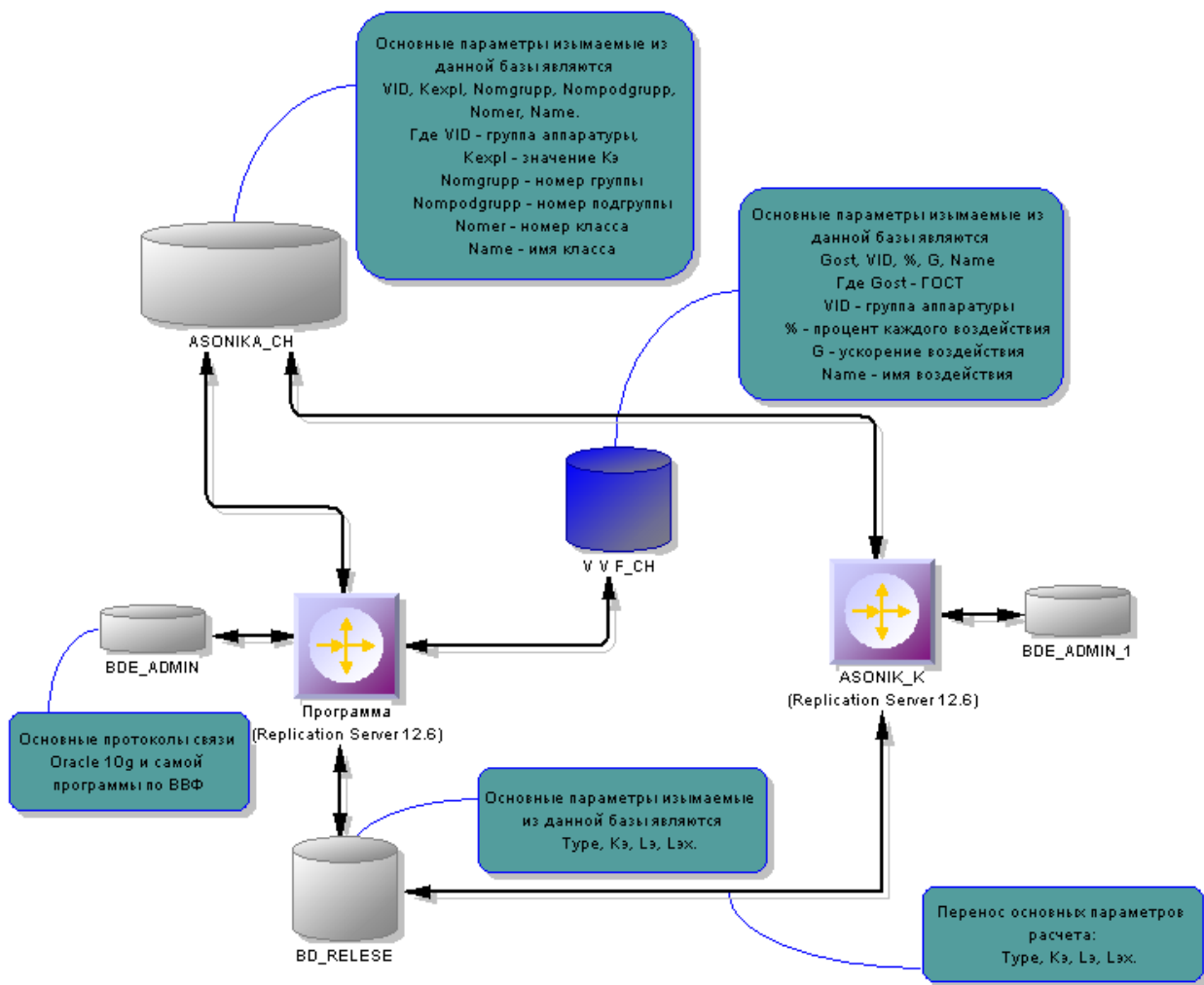


Рис. 1. Концептуальная модель БД по внешним воздействующим факторам

Логическая модель БД

Главная задача этапа логического проектирования состоит в разработке логической схемы БД для СУБД, выбираемой в качестве инструментальной среды реализации ИС.

В процессе логического проектирования происходит отображение концептуальной схемы БД на логическую схему БД с учетом ограничений базовой модели данных СУБД. Кроме этих ограничений, при отображении учитываются критерии, которым должна удовлетворить структурная спецификация данных, управляемых СУБД. Логическая модель БД по внешним воздействующим факторам представлена на рис. 2.

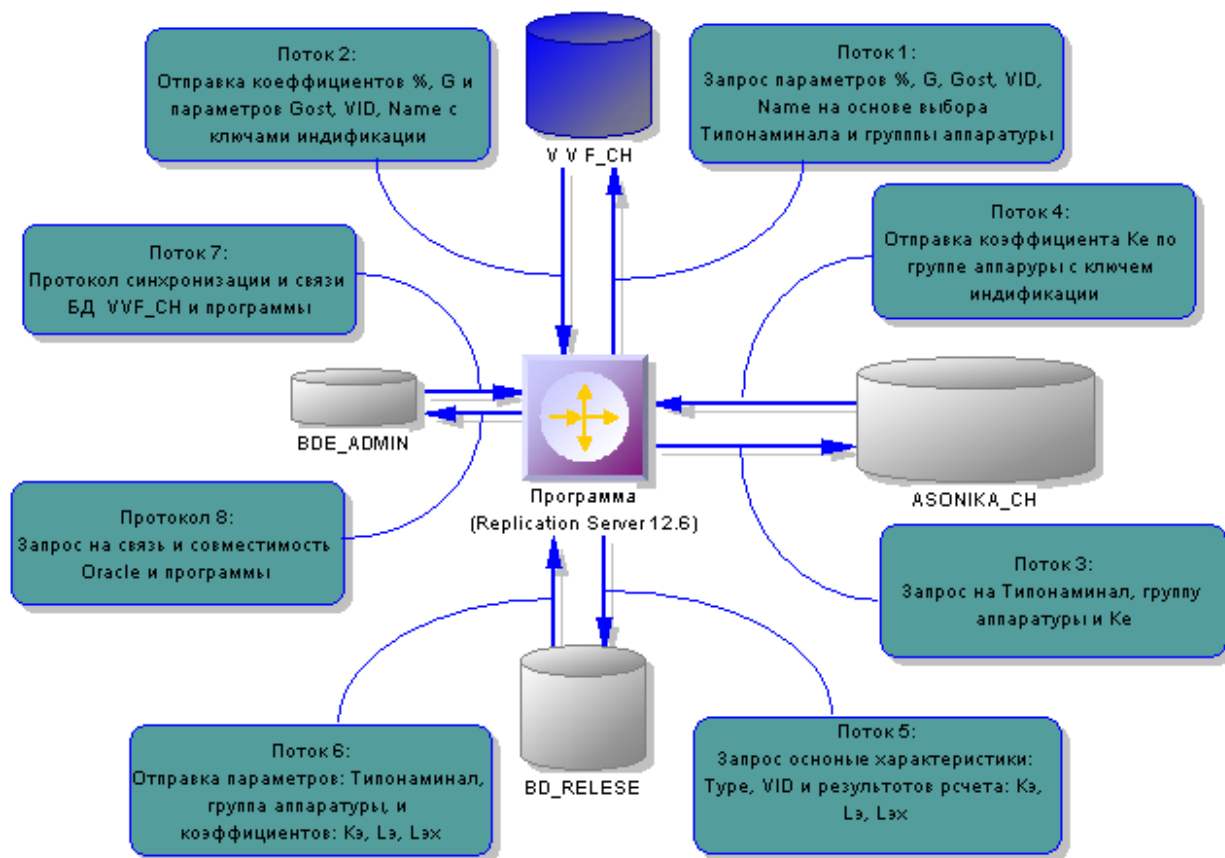


Рис.2. Логическая модель БД по внешним воздействующим факторам

Физическая модель БД

Физические модели баз данных определяют способы размещения данных в среде хранения и способы доступа к этим данным, которые поддерживаются на физическом уровне. Исторически первыми системами хранения и доступа были файловые структуры и системы управления файлами (СУФ), которые фактически являлись частью операционных систем. СУБД создавала над этими файловыми моделями свою надстройку, которая позволяла организовать всю совокупность файлов таким образом, чтобы она работала как единое целое и получала централизованное управление от СУБД. Однако непосредственный доступ осуществлялся на уровне файловых команд, которые СУБД использовала при манипулировании всеми файлами, составляющими хранимые данные одной или нескольких баз данных.

Физическая модель БД по внешним воздействующим факторам представлена на рис. 3.

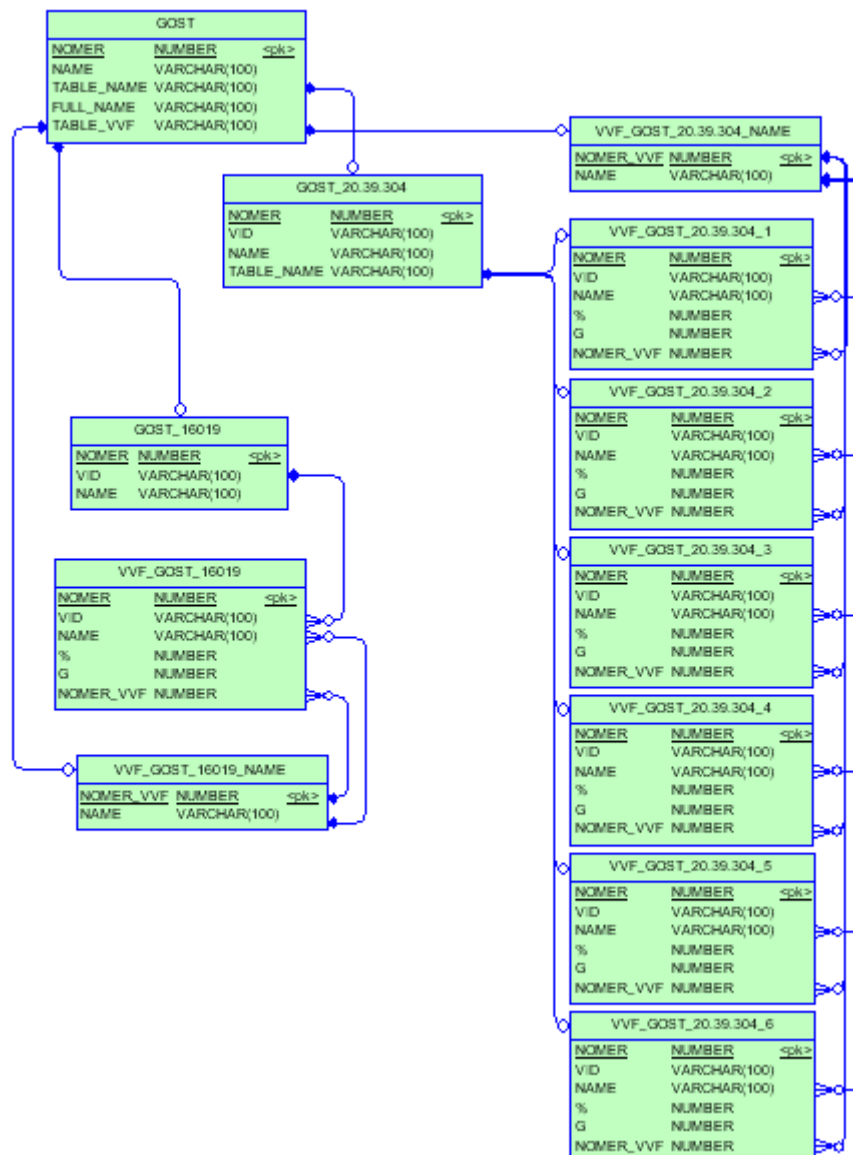


Рис. 3. Физическая модель БД по внешним воздействующим факторам

Таблица GOST (рис. 3) является главной, общей, связанной таблицей для всех ГОСТов, используемых данным программным продуктом.

GOST

№ п/п	Наименование поля	Тип	Описание
1	NOMER	Numeric	Номер ГОСТа
2	NAME	VAR(100)	Сокращенное наименование ГОСТа
3	TABLE_NAME	VAR(100))	Название главной таблицы ГОСТа
4	FULL_NAME	VAR(100)	Полное название ГОСТа
5	TABLE_VVF	VAR(100)	Название главной таблицы для данного ГОСТа, в которой хранятся все наименование внешних воздействующих факторов

В таблицах GOST_16019 и GOST_20.39.304 содержится общая информация о группах аппаратуры, которые входят в этот ГОСТ (эта таблица является общей для всех групп аппаратур).

GOST_16019

№ п/п	Наименование поля	Тип	Описание
1	NOMER	Numeric	Уникальный номер строки
2	VID	VAR(100)	Сокращенное наименование группы аппаратуры
3	NAME	VAR(100)	Полное название группы аппаратуры

GOST_20.39.304

№ п/п	Наименование поля	Тип	Описание
1	NOMER	Numeric	Уникальный номер строки
2	VID	VAR(100)	Сокращенное наименование группы аппаратуры
3	NAME	VAR(100)	Полное название группы аппаратуры
4	TABLE_NAME	VAR(100)	Название главной таблицы для данной группы аппаратуры (из-за большого объема информации было принято решение о разбиении всех групп аппаратур по классам аппаратуры и разделены соответственно по отдельным таблицам)

VVF_GOST_16019_NAME и VVF_GOST_20.39.304_NAME – в данной таблице содержится полный список все внешних воздействующих факторов (ВВФ), упоминаемых в соответствующих ГОСТах.

VVF_GOST_16019_NAME

№ п/п	Наименование поля	Тип	Описание
1	NOMER_VVF	Numeric	Уникальный номер ВВФ
2	NAME	VAR(100)	Полное название ВВФ

VVF_GOST_20.39.304_NAME

№ п/п	Наименование поля	Тип	Описание
1	NOMER_VVF	Numeric	Уникальный номер ВВФ
2	NAME	VAR(100)	Полное название ВВФ

В таблицах VVF_GOST_16019 и VVF_GOST_20.39.304_1 (аналогичны по структуре и следующие таблицы: VVF_GOST_20.39.304_2, VVF_GOST_20.39.304_3, VVF_GOST_20.39.304_4, VVF_GOST_20.39.304_5, VVF_GOST_20.39.304_6) содержатся уникальные данные, относящиеся к определенной группе аппаратуре и соответствующему внешнему воздействию фактору (ВВФ).

VVF_GOST_16019

№ п/п	Наименование поля	Тип	Описание
1	NOMER	Numeric	Уникальный номер строки (содержащий уникальный номер ВВФ и группу аппаратуры)
2	VID	VAR(100)	Сокращенное наименование группы аппаратуры
3	NAME	VAR(100)	Полное название ВВФ
4	%	Numeric	Процентное соотношение данного ВВФ
5	G	Numeric	Ускорение (нагрузка) данного ВВФ
6	NOMER_VVF	Numeric	Уникальный номер ВВФ

VVF_GOST_20.39.304_1 (VVF_GOST_20.39.304_2, VVF_GOST_20.39.304_3, VVF_GOST_20.39.304_4, VVF_GOST_20.39.304_5, VVF_GOST_20.39.304_6)

№ п/п	Наименование поля	Тип	Описание
1	NOMER	Numeric	Уникальный номер строки (содержащий уникальный номер ВВФ и группу аппаратуры)
2	VID	VAR(100)	Сокращенное наименование группы аппаратуры
3	NAME	VAR(100)	Полное название ВВФ
4	%	Numeric	Процентное соотношение данного ВВФ
5	G	Numeric	Ускорение (нагрузка) данного ВВФ
6	NOMER_VVF	Numeric	Уникальный номер ВВФ

Основные особенности БД программы ASONIKA-K-VVF

БД программы АСОНИКА-К-ВВФ представляет собой базу данных, структура которой не изменяется в 90% случаев изменения справочных данных (например, изменение математических моделей, процентного соотношения каждого внешнего воздействующего фактора (ВВФ) и соответствующей ему нагрузки (ускорения) при определении коэффициента эксплуатации (Кэ) и т.д.). Изменение структуры БД неизбежно только при появлении (исчезновении) составляющей математической модели в каком-либо ВВФ, да и то только в том случае, если для данной составляющей 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 неизбежно и при появлении новых стандартов на эксплуатацию ЭРИ, но в этом случае происходит добавление таблиц для нового стандарта (ГОСТА) и изменение общих таблиц, содержащих общие параметры для всех включенных стандартов (ГОСТов) по определению коэффициента эксплуатации. Структуры же этих таблиц не изменяются.

Другой особенностью БД подсистемы является иерархия таблиц БД, т.е. существует таблица первого уровня – «GOST» - в которой собран список всех классов ГОСТов, используемых в данном продукте. Эта таблица организует четкое соответствие названия ГОСТа с его порядковым номером (таблицей второго уровня), являющимся главным в иерархии данного ГОСТа.

Еще одной особенностью БД является независимость таблиц разных ГОСТов друг от друга и соответствующих им группам аппаратуры, так же независимых друг от друга, т.е. при изменении данных или структуры таблиц одного ГОСТа или ВВФ таблицы всех других ГОСТов или ВВФ остаются без изменений. Очевидно, что в этом случае количество ГОСТов, хранящихся в БД практически неограниченно, и БД может

быть расширена при появлении любого количества новых ГОСТов по эксплуатации ЭРИ.

Структура БД была разработана для хранения данных, содержащихся в материалах по статистике отказов при эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры военного назначения, представленных рядом предприятий, (РКК «Энергия», ОАО «УПКБ «Деталь», ФГУП «НИИ ТП», ГУДП «КБ ИГАС «Волна» и др.). Таблицы базы данных содержат параметры, обозначения и ключи для связи с главной таблицей. Так как наборы данных часто повторяются, то каждому набору данных в таблице ставится в соответствие свой идентификационный номер, что позволяет экономить информационный объём таблиц. Все данные таблиц БД делятся на три основные группы.

- 1-ая группа содержит основные группы аппаратуры для каждого ГОСТа;
- 2-ая группа содержит наименование внешних воздействующих факторов для каждого ГОСТа в отдельности;
- 3-я группа содержит параметры внешних воздействующих факторов (соотношения каждого внешнего воздействующего фактора и соответствующей ему нагрузки (ускорения) при определении коэффициента эксплуатации (Кэ)) для каждой группы аппаратуры в отдельности, необходимые для перерасчета коэффициента эксплуатации.

В свою очередь 3-я группа параметров внешних воздействующих факторов делится на подгруппы, каждая из которых отражает содержимое отдельно взятой группы аппаратуры. Особенностью структуры БД является то, что хранящиеся в БД данные извлекаются при помощи запросов, содержащихся уже не в БД, а в программе АСОНИКА-К-ВВФ.

Каждый ВВФ имеет свои уникальные значения параметров. Каждый ВВФ привязан к какой-либо группе.

Все данные, приведенные на ВВФ, связаны с конкретным ГОСТом изложенным выше методом. К ним относятся: коэффициент эксплуатации (Кэ) и компоненты для его перерасчета.

ВВФ любого ГОСТа имеет уникальный номер, хранящийся в поле NOMER_VVF, который позволяет хранить в СЧ БД несколько параметров. на один ВВФ.

Алгоритм перерасчета коэффициента эксплуатации

Алгоритм перерасчета представляет собой поэтапное последовательное действие, циклически повторяющееся с каждым новым воздействием.

1. Пользователь выбирает первый ВВФ, далее указывает два измененных параметра:

- процент отказов из-за воздействия этого ВВФ;
- уровень (ускорение) данного ВВФ в месте установки ЭРИ.

2. По ID ВВФ, для каждой группы аппаратуры, в которой присутствует данное ВВФ, извлекаются:

- значение коэффициента эксплуатации для данной группы аппаратуры;
- процент отказов из-за воздействия данного ВВФ;
- ускорение данного ВВФ в месте установки изделия.

3. Полученные от пользователя значения параметров (% и g) сравниваются с полученными из БД по внешним воздействующим факторам по следующему условию:

Значения параметров, введенные пользователем, должны быть меньше или равны соответствующих значений параметров полученных из БД по внешним воздействующим факторам.

4. Происходит формирование списка групп аппаратуры, в которых присутствует данный ВВФ, удовлетворяющий выше приведенному условию.

5. Далее формируется двунаправленный вектор, из ранее сформированного списка групп аппаратур, имеющий:

- первое направление - список групп аппаратуры;
- второе направление – значения коэффициента эксплуатации (Кэ),

из него выбирается минимальное значение Кэ и соответствующая ему группа аппаратуры.

6. Далее, из ПЧБД ASONIKA_CN (из таблицы KEXPL), по идентификаторам NOMGRUPP, NOMPODGRUPP, NOMER, VID выбирается новое значение коэффициент эксплуатации.

7. Полученное новое значение Кэ подставляется в формулу (1), соответственно с учетом процента данного внешнего воздействующего фактора и его ускорения.

Далее происходит перерасчет Кэ аналогичным путем для следующего ВВФ. Данный процесс повторяется до тех пор, пока все воздействующие факторы, не будут учтены в расчете значения коэффициента эксплуатации.

По окончании этого цикла пользователь получит новое (уточненное с использованием введенных им изменений) значение коэффициента эксплуатации и, соответственно, уточненное значение эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ.

Выводы

Разработанная база данных по характеристикам ВВФ позволяет автоматизировать перерасчет коэффициента эксплуатации, что существенно повышает точность расчета показателей надежности, в частности эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ.

БД имеет нормализованную структуру физической модели, при этом в случае добавления новых справочных данных по воздействиям на отдельные классы аппаратуры не требует глобальных изменений, т.е. остается неизменным набор ключевых таблиц. Так же был проведен процесс определения ограничений логической модели с учетом исходных данных и соответствующей структуры БД.

При разработке базы данных по ВВФ было решено интегрировать ее в уже существующую систему связи БД программного комплекса АСОНИКА-К. Суть интеграции заключается во взаимной связи базы данных по надежности ЭРИ и БД по ВВФ.

В перспективе планируется создание программного модуля АСОНИКА-К-ВВФ, интегрируемого в ПК АСОНИКА-К, а так же получение статистики по другим классам аппаратуры. Кроме того, планируется включить в расчет Кэ, помимо климатических и механических факторов, радиацию, биологические, учет субъективных факторов и учет высокоактивного электромагнитного воздействия.

Так же стоит вопрос о внедрении разработанного продукта на предприятиях. В условиях реального производства внедрение нового метода расчета Кэ позволит сократить временные затраты, связанные с внедрением и обслуживанием РЭА.

Новый метод расчета Кэ позволяет оценивать надежность РЭА в более сложных ситуациях, когда на объект действует комплекс ВВФ, и параметры воздействий на разные составные части ЭРИ отличаются.

Литература

1. Жаднов В.В., Сарафанов А.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств, изд. «СОЛОН-Пресс», 2004г.
2. В. В. Жаднов, Ю. Н. Кофанов, Н. В. Малютин, Е. П. Власов, И. В. Жаднов, С. П. Замараев, А. С. Измайлов, К. В. Марченков, С. Н. Полесский, С. А. Пращикин, В. В. Сотников, Автоматизация проектных исследований надежности радиоэлектронной аппаратуры, Москва, 2003г.
3. Д. Кренке, Теория и практика построения баз данных. 9-е издание, изд. Питер, 2005г.
4. ГОСТ 16019-2001. Аппаратура сухопутной подвижной радиосвязи. Требования к воздействию внешних воздействующих факторов на системы связи.
5. ГОСТ Р В 20.39.304-98. Комплексная система общих требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам.