

и «Импортные компоненты». В свою очередь, каждая подкатегория подразделяется на изделия «Диоды», «Конденсаторы», «Микросхемы», «Резисторы» и т. д. Кроме этого, каждое изделие разбивается на входящие изделия, например, в изделие «Микросхемы» входят «Аналоговые МС», «Цифровые МС» и «ПЛИС». В «Аналоговые МС» входят МС как версии изделия, и для каждой МС существуют связанные документы с описанием технических характеристик (электрические характеристики, корпус, вариант установки на ПП и т. п.) в формате *«pdf»*, *«jpg»*, *«prt»*.

Данные в БД отдела ПП передаются из следующих САПР: АСОНИКА, *Accel EDA*, *AutoCAD2000*, *PCAD2001*, *PCAD2000*, *Solid EDGE*, *OrCAD9.0*, *Visio 2002*. С помощью модуля *PDM* осуществляется управление характеристиками объектов БД, управление статусами объектов БД, может происходить извлечение и использование данных (диалоговый доступ к данным, визуальный просмотр, редактирование документов).

При вводе информации была использована терминология из прикладного протокола *AP 220* международного стандарта *ISO STEP 10303* "Проектирование, производство и сборка многослойных печатных плат". При этом разработанные ПУ хранятся в БД в формате *\*.pcb* и параллельно в формате *STEP* (начиная с *PCAD 2001* стало возможно конвертировать *\*.pcb* в *STEP*). Это дает возможность обеспечить стабильный формат хранения данных, который позволяет специализированной системе взаимодействовать с другими инструментами как сегодня, так и в будущем, так как *STEP* предназначен для обмена данными между различными *CAD/CAM/CAE* и *PDM*-системами, работающими на различных аппаратно-программных платформах.

На следующем этапе предполагается организовать пилотный проект по применению *PSS* для создания функциональных моделей процессов и для организации связи между конструкторами-участниками общих проектов. Указанные функции в *PSS* реализуются в редакторе шаблонов процессов и почтовом мониторе, при помощи которого возможно организовать управление потоками работ.

#### Список литературы

1. Норенков И. П. Информационная поддержка научноемких изделий / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик – М.: Изд-во. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 320 с.
2. Гольдин В. В. Информационная поддержка жизненного цикла электронных средств: Монография / В. В. Гольдин, В. Г. Журавский, Ю. Н. Кофанов, А. В. Сарфанов – М.: Радио и связь, 2002. – 379 с.
3. НИЦ *CALS*-технологий «Прикладная логистика». *PDM STEP Suite 2.5*. Руководство пользователя. – М., 2000. – 102с.

#### ПРОГРАММА КОДИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ЭРИ ДЛЯ ПОДСИСТЕМЫ «АСОНИКА-К»

А. Ю. Фридер, В. В. Жаднов (научный руководитель)  
Московский государственный институт электроники и математики  
(технический университет)  
109028, Москва, Б. Трехсвятительский пер., 3/12  
E-mail: [inform@asonika-k.ru](mailto:inform@asonika-k.ru)

Программа кодирования математических моделей предназначена для заполнения справочной части базы данных (СЧБД) подсистемы АСОНИКА-К формулами расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ. Эти формулы были вынесены из расчетного ядра подсистемы в базу данных для того, чтобы при их изменении не приходилось менять программный код расчетного ядра. Программа кодирования должна обеспечивать удобный ввод формулы, навигацию в системе формул, защиту от ввода в

базу неверных формул, а также возможность отмены сделанных в базе данных изменений. Общий вид программы приведен на рис. 1.

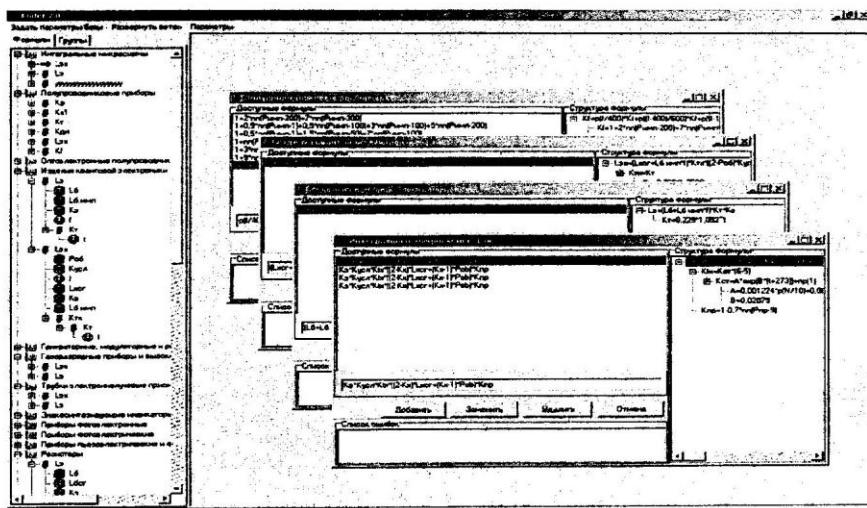


Рис. 1. Общий вид программы

Программа состоит из следующих частей:

1. Главного модуля.
2. Модуля задания параметров БД.
3. Модуля редактирования.
4. Модуля поиска дочерних формул.
5. Модуля задания свойств формул.
6. Модуля задания свойств переменных.
7. Модуля удаления формул и переменных.
8. Модуля задания расчетных формул для классов, групп и подгрупп ЭРИ.
9. Модуля формирования списка возвращаемых величин.
10. Модуля управления версиями БД.

**Главный модуль.** Главный модуль программы предназначен для управления другими модулями, а также для создания в памяти ЭВМ и в главном окне программы деревьев иерархии формул и классов ЭРИ на основе данных, хранящихся в БД. Создаваемые деревья позволяют преобразовать линейную структуру представления информации в базе данных в древовидную, более удобную для поиска, редактирования и т. д.

Состав программы приведен на рис. 2.



Рис. 2. Состав программы

В окне главного модуля выводится древовидная структура формул для каждого класса ЭРИ, т. е. каждая формула представляется в виде дерева, включающего используемые в ней переменные и другие формулы, которые, в свою очередь, также представляются в виде дерева. Такое представление математической модели позволяет легче представить взаимодействие различных ее компонентов – формул и переменных. Кроме того, в главном окне отображается дерево иерархии классов, групп и подгрупп ЭРИ. Каждое дерево располагается на соответствующей странице.

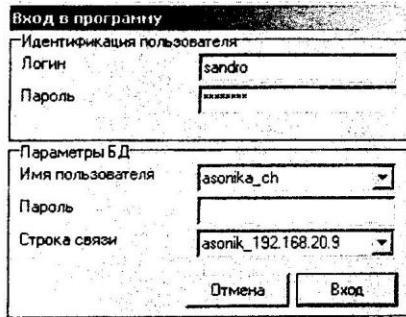


Рис. 3. Окно для ввода реквизитов БД

**Модуль задания параметров БД.** Данный модуль позволяет определить параметры базы данных, с которой предстоит работать, а также идентифицировать пользователя для последующей персонификации изменений в БД. Программа позволяет подключаться к различным копиям базы данных подсистемы АСОНИКА-К. Так, отладка программы проводилась на резервной копии базы, чтобы в случае ошибок не испортить основную копию БД. Программа позволяет сменить базу данных в процессе работы, для этого в

меню главного окна есть пункт «Задать параметры базы». На рис. 3 показан вид окна для ввода реквизитов БД.

**Модуль редактирования формул.** Модуль редактирования позволяет пользователю редактировать формулы расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ. Этот модуль декодирует хранящиеся в специальном коде в БД формулы и кодирует формулы, введенные пользователем.

Когда пользователь выбирает формулу для редактирования, на экран выводится окно редактирования формул. Таких окон может быть отображено несколько, т. к. пользователь может выбрать еще одну формулу, не закрыв окна для редактирования предыдущей, т. е. пользователь может редактировать несколько формул одновременно. Если окно редактирования данной формулы уже отображено, то повторный выбор этой формулы выведет его на передний план. Окно редактирования состоит из списка доступных математических интерпретаций данной формулы, поля для ввода математической интерпретации, списка допущенных в коде формулы ошибок, дерева, отражающего структуру выбранной формулы и кнопок, позволяющих добавить новую формулу в список, заменить выделенную формулу в списке и удалить выделенную формулу из списка. Пользователь может вводить формулы с клавиатуры, используя стиль их описания, распространенный в большинстве используемых языков программирования и математических программ. В случае, если при вводе формулы допущена ошибка, то при попытке ввести формулу в базу данных будет выведен список допущенных ошибок. При удалении формулы модуль проводит поиск формул, использующих удаляемую, и для предотвращения появления неверных ссылок в БД предлагает заменить неверные ссылки в этих формулах или также удалить их. Вид окна редактирования показан на рис. 4.

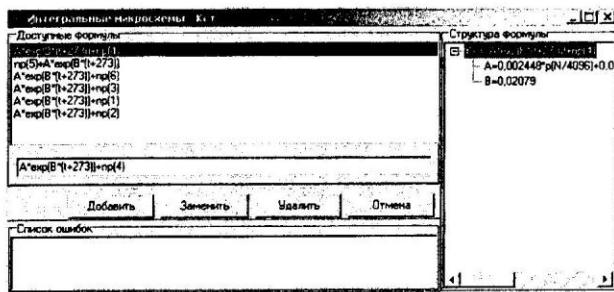


Рис. 4. Окно модуля редактирования формул

**Модуль поиска дочерних формул.** Модуль поиска дочерних формул дает возможность пользователю выбрать вариант математической интерпретации дочерней формулы, указанной во введенной формуле.

При внесении формулы в базу данных модуль запрашивает, какие варианты дочерних формул следует использовать в данной формуле, в случае, если этих вариантов больше одного. Для этого на экран выводится окно со списком вариантов данной дочерней формулы (название дочерней формулы отображено в заголовке окна). Окно выводится столько раз, сколько дочерних формул с более чем одним вариантом математической интерпретации записано в интерпретации кодируемой формулы. Если список доступных интерпретаций дочерней формулы пуст, то будет выведено сообщение об ошибке. Вид окна модуля поиска дочерних формул показан на рис. 5.

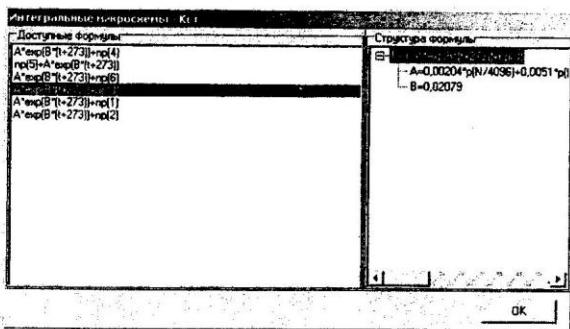


Рис. 5. Окно модуля поиска дочерних формул

**Модуль задания свойств переменных.** Модуль задания свойств переменных предназначен для задания параметров переменных и добавления новых переменных. Окно модуля отображается при выборе переменной в дереве или выбора пункта «Добавить новую переменную» в контекстном меню. Окно позволяет задавать все основные параметры переменных: обозначение, тип, максимальное и минимальное значение. Вид окна показан на рис. 6.

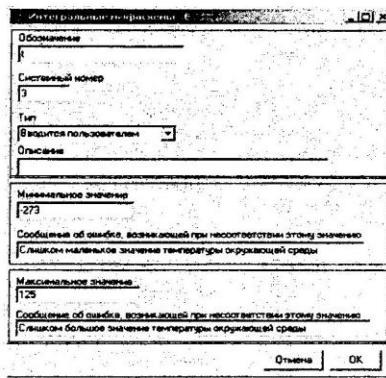


Рис. 6. Окно модуля задания свойств переменных

**Модуль задания свойств формул.** Модуль задания свойств формул предназначен для задания свойств формул и добавления новых формул в дерево. Окно модуля выводится на экран при выборе пунктов «Изменить формулу» или «Добавить новую формулу». Окно позволяет задавать обозначение, описание формулы, списки доступных формул и переменных. Вид окна показан на рис. 7.

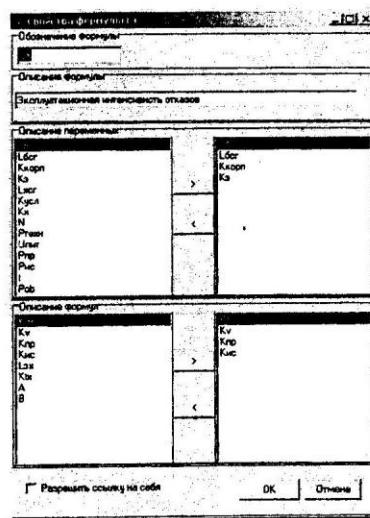


Рис. 7. Окно модуля задания свойств формул

**Модуль удаления.** Модуль удаления предназначен для удаления формул или переменных из базы данных.

Окно модуля удаления формул и переменных выводится при выборе пунктов «Удалить формулу» или «Удалить переменную» в контекстном меню. Удалить можно только те формулы или переменные, которые не используются в других формулах, в окне отображаются только такие формулы или переменные.

**Модуль задания расчетных формул.** Модуль задания расчетных формул предназначен для определения формул для расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ определенных классов, групп и подгрупп.

Окно модуля выводится при выборе пункта «Задать расчетную формулу» из контекстного меню дерева иерархии ЭРИ. В нем отображается список верхних в иерархии формул и список их математических интерпретаций. При нажатии кнопки «OK» модуль присваивает выбранную математическую интерпретацию выбранной подгруппе, всем подгруппам выбранной группы или всем подгруппам выбранного класса ЭРИ. Вид окна присваивания показан на рис. 8.

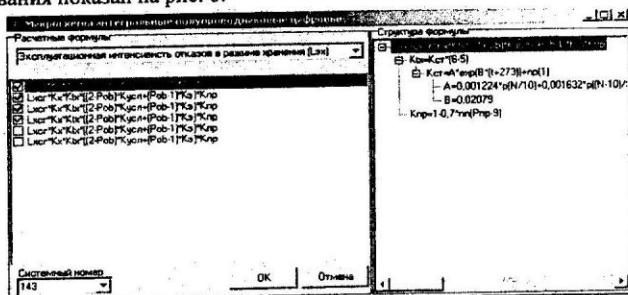


Рис. 8. Окно модуля присваивания

**Модуль формирования списка возвращаемых величин.** Модуль задания списка возвращаемых величин предназначен для определения величин, результаты расчета которых пересыпаются клиентской части подсистемы при расчете характеристик надежности ЭРИ определенных классов, групп и подгрупп.

Окно модуля выводится при выборе пункта «Задать список возвращаемых величин» из контекстного меню дерева иерархии ЭРИ. В окне отображается список величин, используемых при расчете характеристик надежности ЭРИ выбранного класса. Для формирования списка возвращаемых величин необходимо отметить нужные величины в списке и нажать кнопку «OK». Вид окна модуля показан на рис. 9.

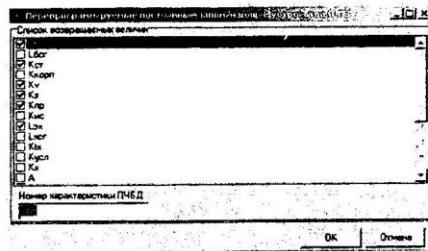


Рис. 9. Окно модуля формирования списка возвращаемых величин

**Модуль управления версиями БД.** Данный модуль является частью системы безопасности подсистемы АСОНИКА-К и позволяет отменить любые изменения в БД, сделанные пользователями с момента создания базы данных. При внесении изменений в БД, относящихся к какому-либо классу ЭРИ (изменить несколько классов одновременно с помощью данной программы невозможно), программа создает новую версию БД для данного класса и делает ее активной. После этого подсистема АСОНИКА-К работает с новой созданной версией БД для данного класса. Модуль управления версиями БД предоставляет пользователю возможность сделать активной любую из версий БД, когда-либо созданных. Таким образом, появляется возможность вернуть любое количество изменений, сделанных в БД. Окно модуля показано на рис 10.

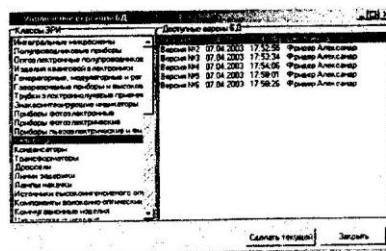


Рис. 10. Окно модуля управления версиями БД

Блок-схема алгоритма функционирования программы приведена на рис. 11. Ниже приведены краткие пояснения к блок-схеме.

1. Ввод параметров БД производится с помощью модуля задания параметров БД. Кроме того, в этом модуле запрограммированы данные о пользователе, предназначенные для определения пользователя, сделавшего изменения в БД.

2 Инициализация главного модуля программы производится с помощью функции

RefreshTrees, которая формирует деревья иерархии формул и ЭРИ на основе данных из БД.

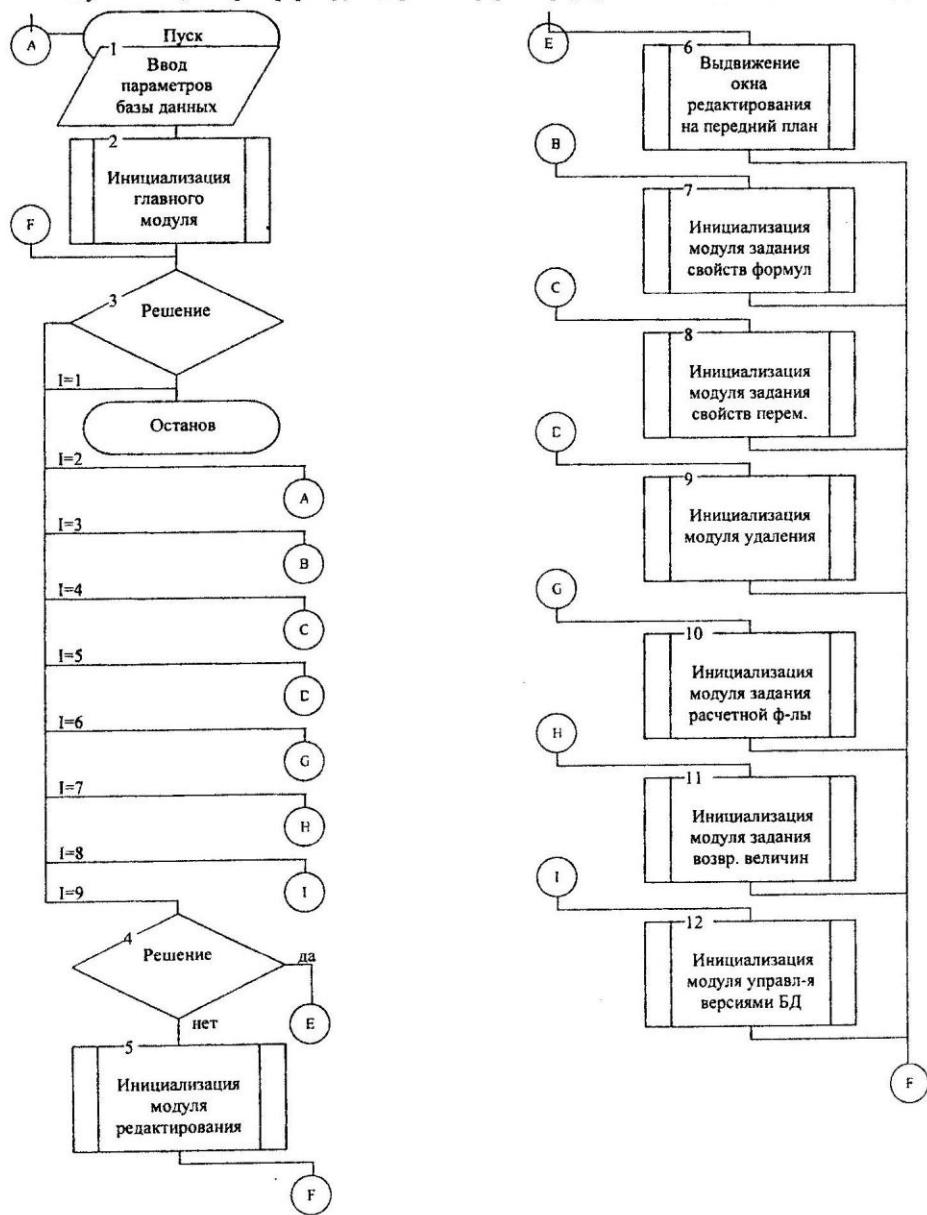


Рис. 11. Блок-схема алгоритма работы программы

**3. Анализ действия пользователя.**

I=1 Действие – выход из программы.

I=2 Действие – запрос на изменение параметров БД.

I=3 Действие – выбор пунктов «Изменить формулу» или «Добавить новую формулу» из контекстного меню.

I=4 Действие – выбор переменной в дереве иерархии формул или выбор пункта «Добавить новую переменную» в контекстном меню.

I=5 Действие – выбор пунктов «Удалить формулу» или «Удалить переменную» в контекстном меню.

I=6 Действие – выбор пункта «Задать расчетную формулу» в контекстном меню дерева иерархии ЭРИ.

I=7 Действие – выбор пункта «Задать список возвращаемых величин» в контекстном меню дерева иерархии ЭРИ.

I=8 Действие – выбор пункта «Управление версиями БД» из главного меню программы.

I=9 Действие – выбор формулы для редактирования из дерева иерархии формул.

4. Проверка наличия окна редактирования для выбранной формулы.

5. Инициализация модуля редактирования формул производится с помощью функции *RefreshList*, которая преобразует специальную кодировку математических интерпретаций для выбранной формулы, предназначенную для расчетного ядра подсистемы АСОНИКА-К и хранящуюся в БД, в строки с формулами (вида  $x^*y/\sin(x+z)$ ). Эти строки заполняют список доступных мат. интерпретаций в окне редактирования.

6. Формирование списка доступных формул и переменных. Недоступными в данной формуле являются формулы, приходящиеся данной формуле прямыми предками в дереве иерархии формул, т. к. их добавление в данную формулу в качестве дочерних приведет к нарушению древовидной структуры.

7. Заполнение полей окна задания свойств переменных сведениями из БД и их отображение в окне.

8. Формирование списка формул и переменных, доступных для удаления. Таковыми являются формулы или переменные, не используемые нигде в качестве дочерних.

9. Формирование списка верхних в иерархии формул для выбранного класса и списка их математических интерпретаций для задания расчетной формулы для выбранного класса, группы или подгруппы.

10. Формирование списка величин в выбранном классе и выделение величин, уже используемых в списке величин, результаты расчета которых передаются клиентской части подсистемы.

11. Формирование списков доступных версий для всех классов ЭРИ.

Программа кодирования написана в среде разработки программ C++ *Builder 5* [1]. Для доступа к базе данных использовалась СУБД *Oracle*. При создании программы были выдержаны следующие принципы программирования:

1. Принцип объектно-ориентированного программирования (ООП).

Этот принцип является основополагающим для программ, написанных в среде C++ *Builder*. Представление элементов программы в виде объектов позволяет упростить управление ими и упорядочить используемые в программе данные [4].

2. Принцип рекурсивного программирования.

Этот принцип используется в программе для построения дерева иерархии формул. Данное дерево является деревом с нерегулярной вложенностью в отличие от дерева иерархии ЭРИ, имеющего статичную вложенность, равную трем (классы, группы, подгруппы). Рекурсия является наиболее эффективным методом построения деревьев с нерегулярной вложенностью [3]. В программе для построения такого дерева используется рекурсивная функция *FormTree*.

### 3. Принцип структурного программирования.

В программе широко используются логические структуры *for*, *while*, *if*, *switch*. Код функций программы разбивается этими структурами на упорядоченные блоки с одним входом и выходом [3]. При появлении объектно-ориентированного программирования этот принцип перестал быть основным при написании программ, однако он остается актуальным при написании обработчиков событий для объектов.

Программа представляет собой разумное сочетание этих принципов с целью повышения эффективности и упрощения кода.

Отладка программы проводилась во встроенным в среду разработки программ C++ Builder 5 отладчике, который позволяет реализовать все основные функции, необходимые при отладке – дамп переменных, пошаговый проход кода, управление точками останова. Программа была отлажена и ее работоспособность была проверена при критических значениях вводимых в нее данных. Таким образом, удалось достичь приемлемого уровня надежности кодировщика.

Тестирование программы предполагает проверку безошибочного проведения ею всех видов операций, предусмотренных в программе. В качестве примера рассмотрим тест, включающий в себя последовательность действий по описанию новой формулы расчета надежности и определению ее в качестве расчетной для данного класса в подсистеме АСОНИКА-К (автоматизация этого процесса является основной задачей программы). Для теста используются кодировщик, подсистема АСОНИКА-К и программа *PL/SQL Explorer*, предназначенная для просмотра базы данных подсистемы.

Данный тест состоит из следующих действий.

1. Ввод формулы для эксплуатационной интенсивности отказов  $L_3$  для данного класса (резисторы) в окне редактирования формул, нажатие кнопки «Добавить».

Результат – список доступных формул в окне обновится, и в нем появится введенная формула. Стока с кодом формулы появится в таблице *FORMSFE* базы данных. Создастся новая версия БД для данного класса, что отразится в окне управления версиями.

2. Назначение формулы в качестве расчетной для данного класса ЭРИ в окне присваивания формул.

Результат – появление строки с номером формулы в таблице *FORMINTOT*. Создастся новая версия БД для данного класса, что отразится в окне управления версиями.

3. Проведение расчета надежности изделия, содержащего резисторы.

Результат – показатели надежности резисторов совпадают со значениями, посчитанными по введенной формуле.

Для пользователей программы создано описание, которое поясняет порядок выполнения основных действий при использовании кодировщика. Описание состоит из следующих частей:

1. Математические модели расчета надежности в подсистеме АСОНИКА-К;
2. Интерфейс программы кодирования;
3. Редактирование расчетных формул;
4. Создание новых величин и редактирование иерархии величин;
5. Задание формул расчета надежности для классов, групп и подгрупп ЭРИ;
6. Формирование списка возвращаемых величин;
7. Использование системы безопасности программы.

#### Список литературы

1. Архангельский, А. Я. «Программирование в C++ Builder 5» / А. Я. Архангельский. – М.: Бином, 2002. – 1200 с.
2. Тихомиров, Ю. «Microsoft SQL Server 7» / Ю. Тихомиров – С.-Пб.: BHV, 2002. – 370 с.
3. Дейтел, Х. «Программирование на C» / Х. Дейтел, П. Дейтел. – М.: Бином, 2000. – 1260 с.
4. Шилдт, Г. «Самоучитель программирования на C++» / Г. Шилдт. – С.-Пб.: BHV, 2000. – 830 с.