

# ВИЗУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ БИБЛИОТЕКИ EFR. ДИАГНОСТИКА И КОРРЕКЦИЯ EFR-РАЗРЕЗОВ

*И. А. Антипин, К. К. Олесницкая, М. А. Шубина*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

## Введение

В рамках общего интерфейса, создаваемого в математическом отделении РФЯЦ-ВНИИЭФ, разрабатывается библиотека EFR [1]. Библиотека представляет собой инструмент разработчика программных математических комплексов, позволяющий в кратчайшие сроки создавать программы формирования результатов расчетов в виде, доступном для обработки специализированными программами общего сервиса и для передачи расчетных данных из одного счетного комплекса программ в другой.

Библиотека EFR является составным компонентом программ общего сервиса и технологии проведения расчетов на многопроцессорных ЭВМ в математическом отделении РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Массовое использование и постоянное развитие библиотеки EFR потребовало от разработчиков решения следующих актуальных задач:

- ускорить и упростить процесс тестирования и отладки функционала библиотеки;
- автоматизировать процесс сборки библиотеки;
- ускорить и упростить процесс внедрения новых возможностей библиотеки в программы общего сервиса.

Для решения поставленных задач разработан программный продукт EFR Tools. На текущий момент EFR Tools представляет собой интерфейсное приложение, обеспечивающее следующие основные возможности:

- автоматическое тестирование функционала библиотеки EFR;
- автоматическая сборка различных конфигураций библиотеки EFR;
- создание тестовых EFR-разрезов;
- диагностирование и коррекция EFR-разрезов.

Цель настоящего доклада – ознакомить с выполненной работой и планами дальнейшего развития по этому направлению.

## 1. Автоматическое тестирование

Библиотека EFR – сложный и объемный продукт, содержащий большое количество функций и процедур. На основе требований, предъявляемых к функционалу библиотеки EFR и библиотеке EFR в целом, разработана специальная система тестов, удовлетворяющая международному стандарту качества ISO 9001.

На данный момент систему тестов логически можно разделить на четыре функциональные части.

Во-первых, это система тестов базового функционала, которая расширяется с введением новых функциональных возможностей в библиотеку.

Во-вторых, система тестов API-интерфейса для программ, написанных на языке Fortran, которая расширяется с введением нового функционала в библиотеку.

В-третьих, система тестов для проверки кроссплатформенности. Для чего создана специальная база тестовых EFR-разрезов с эталонными данными, сформированными на различных платформах. Для полного тестирования данного требования необходимо выполнить эту систему тестов на всех платформах, использующихся в ИТМФ.

В-четвертых, система тестов для проверки совместимости библиотек EFR, так как при разработке библиотеки ведется поддержка совместимости как сверху вниз, так и снизу вверх. То есть библиотека EFR более поздней версии корректно работает с EFR-разрезами более ранних версий, так и библиотека EFR более ранней версии корректно работает с EFR-разрезами, созданными более поздними версиями библиотеки. Для проверки данного требования создана база библиотек EFR различных версий и база тестовых EFR-разрезов с эталонными данными, сформированными соответствующими версиями библиотек.

EFR Tools представляет кроссплатформенный инструментарий для полного и выборочного автоматического тестирования текущей версии библиотеки EFR. В процессе выполнения тестовых сценариев в ошибочных ситуациях генерируется сводная информация, содержащая: класс функции, название функции, название тестового сценария, название файла исходника и номер строки в исходнике. Данная сопутствующая информация сохраняется в формате xml и сразу же в структурированном виде отображается в окне, тем самым значительно ускоряя процесс локализации места авоста в процессе тестирования.

В дальнейшем имеющийся набор тестовых сценариев планируется расширить пользовательским набором тестов. Таким образом, пользователи смогут самостоятельно пополнять базу тестовых сценариев, корректное выполнение которых будет обязательным условием перед выпуском новой рабочей версии библиотеки EFR.

Из-за большого количества функций и процедур, входящих в библиотеку, в дальнейшем планиру-

ется автоматизировать поиск функционала, для которого нет соответствующих тестовых сценариев, и разработать механизм автоматической синхронизации Си-интерфейса Фортран-интерфейсу.

## 2. Автоматическая сборка

В случае успешного тестирования библиотеки EFR запускается скрипт, выполняющий автоматическую сборку различных версий библиотеки EFR.

На ЭВМ под управлением ОС Windows производится сборка библиотеки EFR в следующих конфигурациях:

- статические библиотеки EFR (все возможные комбинации для разрядности платформ 32/64 и ключей сборки под Visual Studio 9.0: MT/MtD/MD/MdD);
- динамические библиотеки EFR (все возможные комбинации для разрядности платформ 32/64).

На многопроцессорных ЭВМ производится сборка статических библиотек EFR для различных версий компиляторов следующих классов: GNU, Intel, PGI.

В дальнейшем планируется добавить автоматическую рассылку уведомления о выпуске новой версии библиотеки EFR с информацией об изменениях заинтересованному кругу пользователей.

## 3. Создание тестового EФР-разреза

Следующим немаловажным инструментом EFR Tools является интерактивное создание тестового EФР-разреза(ов) (рис. 1). В качестве эталона для области взят куб, размером 100\*100\*100 в трехмерной постановке, или квадрат, размером 100\*100 в двумерной постановке, состоящий из двух веществ. Для интерактивного управления процессом создания разреза пользователю предлагается на выбор следующий спектр параметров:

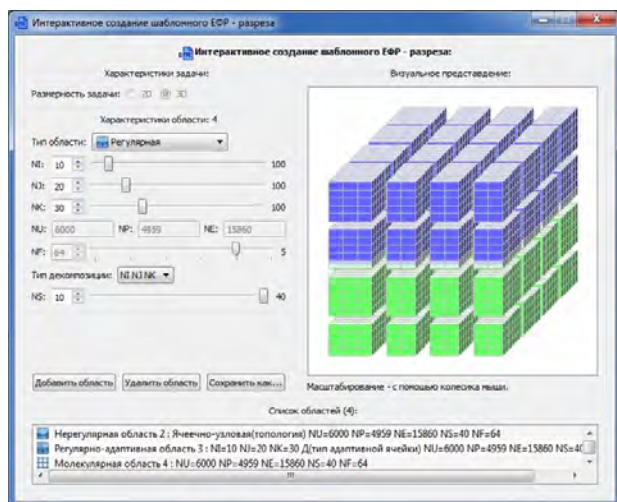


Рис. 1. Диалог «Создать EFR-разрез»

- размерность задачи;
- количество областей в задаче (для каждой последующей области у эталона меняются координаты путем смещения вдоль оси абсцисс);
  - тип области:
  - регулярная;
  - регулярная с адаптивными ячейками, в качестве дополнительной информации задается тип топологии адаптивной ячейки;
  - нерегулярная, в качестве дополнительной информации задается тип сеточной топологии: ребро-граневая, ячеечно-узловая;
  - молекулярная (область частиц);
- сеточные характеристики задаются путем указания количества узлов по каждому направлению NI, NJ, NK. Количество получившихся узлов, ячеек и граней отражается в соответствующих полях NU, NP и NE;
- количество файлов-фрагментов, в качестве дополнительного параметра можно выбрать способ декомпозиции;
- количество временных шагов (по временным шагам меняются только координаты узлов, т. е. эталон сжимается в два раза, а затем опять увеличивается до исходных размеров).

Набор стандартных базовых объектов формируется автоматически согласно выбранным параметрам. Созданный базовый разрез, открыв редактором, можно дополнить необходимыми метаданными.

Данный инструмент позволил значительно ускорить процесс моделирования тестовых разрезов с учетом индивидуальных особенностей, присущих конкретному программному комплексу, а также ускорил процесс внедрения новых возможностей библиотеки в соответствующие программные комплексы.

## 4. Диагностирование и коррекция EФР-разрезов

### 4.1. Модель – представление Qt

В качестве инструмента для разработки EFR Tools была выбрана кроссплатформенная библиотека QT [2, 3], имеющая широкий функционал для создания графического пользовательского интерфейса.

В QT разработчиков привлек гибкий подход к визуальному отображению больших наборов данных, который обеспечивает архитектура модель/представление (рис. 2). В данном подходе модель представляет набор данных и отвечает как за обеспечение отображаемых данных, так и за запись всех изменений в источник данных. Представление отвечает за то, как данные отображаются для пользователя. При использовании любого большого набора данных только ограниченная область данных будет видима в любой момент времени, поэтому только эти данные будут запрашиваться представлением. Делегат – это посредник между пользователем и представлением; он преобразует действия пользователя в запросы

к модели по просмотру или редактированию данных, которые представление по мере необходимости передает в модель данных.



Рис. 2. Модель – представление Qt

#### 4.2. Модель – представление EFR Tools

Рассмотрим архитектуру EFR Tools (рис. 3). При открытии ЕФР-разреза в редакторе создается модель данных, содержащая полную структуру данного разреза. Исключением являются объекты данных (массивы и списки), для них модель данных содержит указатель на соответствующий класс доступа к данным. Таким образом, модель данных обеспечивает представление данными напрямую из источника данных.



Рис. 3. Модель – представление EFR Tools

При разработке EFR Tools используется ядро библиотеки EFR, что позволило достичь следующих целей:

- открывать ЕФР-разрезы с нарушенной внутренней структурой;
- проверять корректность данных на стадии ввода (Контроллер).

А самое главное, что, таким образом, автоматически обеспечивается полное соответствие EFR Tools текущей версии библиотеки EFR и добавление новых параметров, введение новых структурных сущностей или добавление новых объектов данных в библиотеку EFR повлечет минимальные изменения в проекте EFR Tools. А именно необходимо доработать соответствующий класс доступа к исходным данным.

Разделение источника данных и модели данных позволяет использовать редактор EFR Tools для работы с различными форматами файлов. Это обеспечивается реализацией класса доступа к данным соответствующего формата. Имея несколько классов доступа к данным различных форматов, получается автоматический конвертор из одного файлового формата в остальные.

### 4.3. Структура ЕФР

С точки зрения пользователя, файловый разрез представляет собой иерархическую многоуровневую структуру объектов, схематично изображенную на рис. 4.

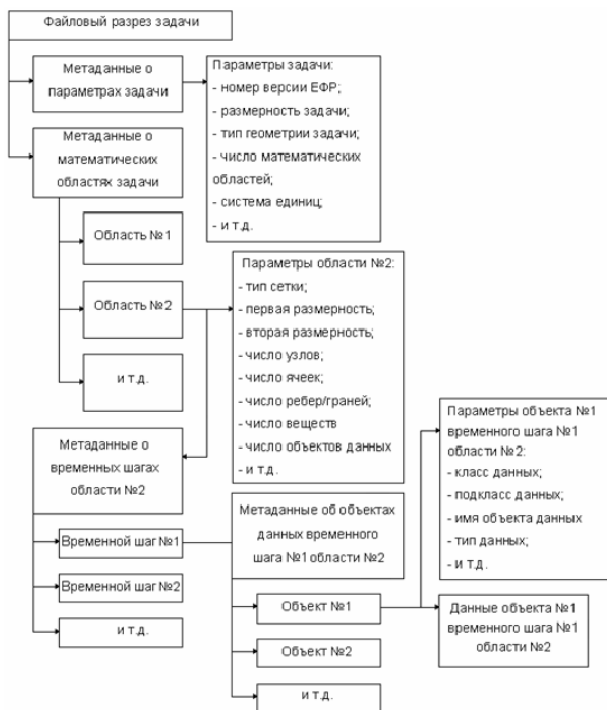


Рис. 4. Структура объектов ЕФР

Объект – это метаданные и контейнер, включающий в себя иерархическую структуру объектов следующих уровней. Метаданные представляют собой совокупность служебной информации (внутренние структуры объектов, таблицы файловых адресов и т. д.), предназначенной для работы функций прямого доступа к двоичному файловому разрезу.

Объектом первого уровня является структура данных, содержащая информацию о параметрах задачи и о файловом разрезе в целом.

Объектами второго уровня являются структуры данных, каждая из которых содержит информацию о параметрах какой-либо математической области. Основным параметром математической области является тип топологии сетки (регулярная, регулярная с адаптивной сеткой, нерегулярная).

Объектами третьего уровня являются временные шаги. Временной шаг представляет собой контейнер объектов четвертого уровня.

Объектами четвертого уровня являются массивы и списковые структуры данных, содержащие множество расчетных данных, относящихся к какой-либо математической области.

#### 4.4. Окно ЕФР-документа

Окно ЕФР-документа представляет собой браузер для просмотра содержимого ЕФР-разрезов (рис. 5).

Область окна делится на две зоны. В левой зоне отображается содержимое ЕФР-разрезов в виде дерева. Первый столбец дерева содержит названия разделов, иерархических уровней или параметров, а второй – значения соответствующих параметров. В правой зоне при необходимости отображается таблица для числового просмотра объектов данных (массивов и списков) ЕФР-разреза.

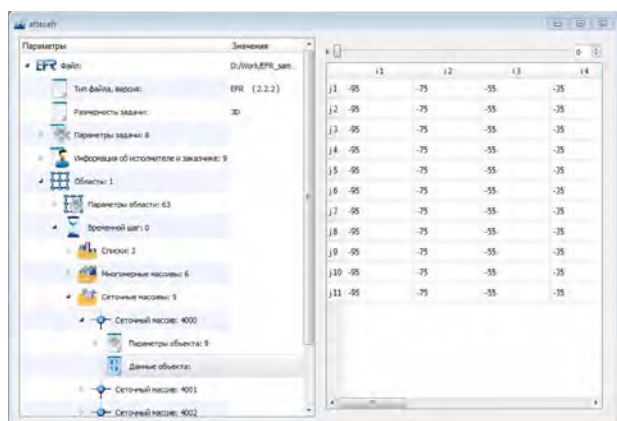


Рис. 5. Окно ЕФР-документа

Дерево представляет собой иерархическую многоуровневую модель объектов ЕФР-разреза. Структура включает в себя четыре основных уровня ЕФР:

- первый уровень – общая информация о разрезе;
- второй уровень – информация по области;
- третий уровень – информация о временных шагах;
- четвертый уровень – информация о массивах и списках данных.

Корневым элементом дерева является название ЕФР-разреза.

Данные объектов четвертого уровня отображаются в правой половине окна в виде двумерной таблицы и дополнительных элементов управления для трех- и четырехмерных таблиц данных.

Класс доступа к данным в формате ЕФР реализован низкоуровневыми функциями ядра библиотеки EFR, что позволяет зачитывать целостную информацию даже из файлов с нарушенной структурой данных. При создании дерева данные ЕФР-разреза диагностируются и для каждого параметра выставляется комбинация следующих статусов:

- Обязательный параметр.
- Резервный параметр.
- Системный параметр.
- Редактируемый параметр.
- Параметр с неверным значением.
- Параметр с неустановленным значением.

Визуально наличие соответствующих статусов у параметров отражается на иконке, а также цветом фона и шрифтом наиболее приоритетного статуса. Наивысший приоритет имеет статус – параметр с неверным значением.

При разработке EFR Tools разработчики учли возможность передачи редактора пользователям для

диагностики и коррекции ЕФР-разрезов. Поэтому существует два режима работы приложения: системный и пользовательский. Пользовательская версия редактора менее функциональная, в ней отсутствуют системные объекты и адреса. Редактируемыми являются все параметры, не связанные с существующими объектами в разрезе, т. е. имеющие статус «редактируемые». Остальной функционал в пользовательской версии доступен в полном объеме.

#### 4.5. Локализация необходимых данных

Редактор EFR Tools имеет необходимый инструментарий для управления структурой данных и инструментарий для задания критериев отбора данных для их просмотра и редактирования (рис. 6).

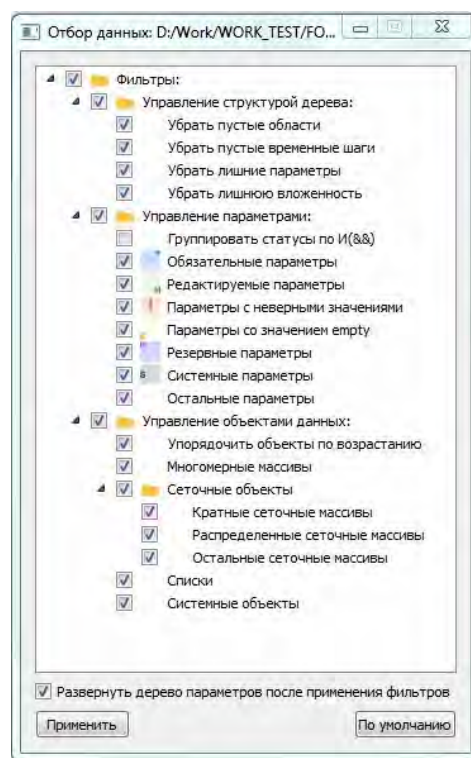


Рис. 6. Диалог «Фильтры»

Все фильтры делятся на три основных категории:

- Управление структурой дерева (данная группа фильтров предназначена для изменения вида дерева путем автоматического скрытия лишних объектов и параметров разреза).
  - Задание критериев отбора параметров для отображения (данная группа фильтров предназначена для фильтрации параметров в соответствии с их статусами).
  - Задание критериев отбора объектов данных (данная группа фильтров предназначена для фильтрации объектов данных в зависимости от их классов).

Использование ядра библиотеки EFR позволило открывать «битые» ЕФР-разрезы (с нарушенной внутренней структурой данных). А в совокупности с мощным инструментом для выбора необходимых данных

ЕФР-разреза для их просмотра и редактирования разработчики библиотеки EFR получили полуавтоматическое средство для быстрой коррекции и восстановления разрезов с нарушенной внутренней структурой данных.

#### 4.6. Диагностика объектов данных

Помимо диагностики внутренней структуры ЕФР-разреза EFR Tools представляет широкий спектр возможных проверок для объектов данных (массивов и списков) (рис. 7).

- Установка экстремумов.
- Поиск плохих значений, полученных в случае деления на ноль или при взятии квадратного корня из  $-1$  и т. д.
- Проверка стандартных объектов на соответствие стандарту.
- Проверка согласованности связанных объектов.
- Установка интегральных величин.

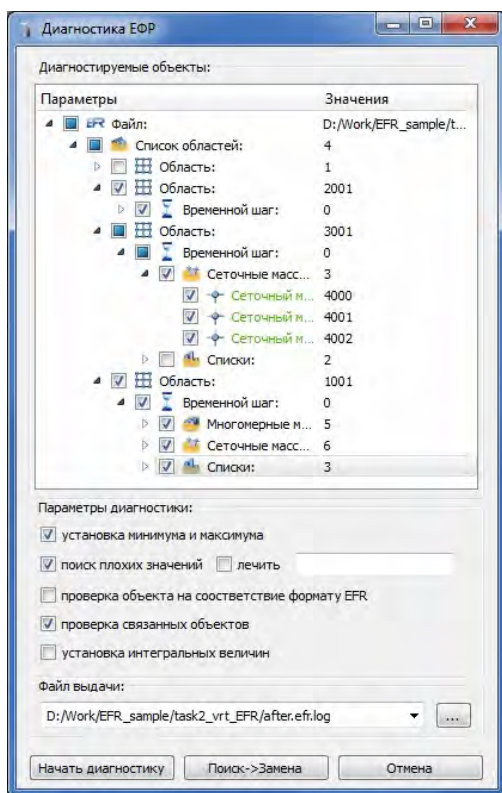


Рис. 7. Диалог «Диагностика»

Если в ходе проверки стандартных объектов были найдены несоответствия со стандартом, принятым в ЕФР, соответствующему объекту выставляется статус – параметр с неверным значением. Дополнительная сопутствующая информация сохраняется в указанный лог-файл в формате html. Анализируя сводную информацию, желательно исправить все несоответствия в данных для минимизации проблем постобработки разрезов.

Таким образом, данный инструмент позволяет локализовать возможные узкие места в объектах

данных, что весьма полезно для разработчиков при отладке собственных программных комплексов, отладке новых возможностей и для решения проблем, связанных с постобработкой ЕФР-разрезов программами общего сервиса.

#### 4.7. Поиск-замена в объектах данных

Для автоматической коррекции объектов данных (массивов, списков) EFR Tools предоставляет инструмент поиск – замена (рис. 8), где для группы выбранных объектов задаются условия поиска необходимых данных и значение(ия) для их замены.

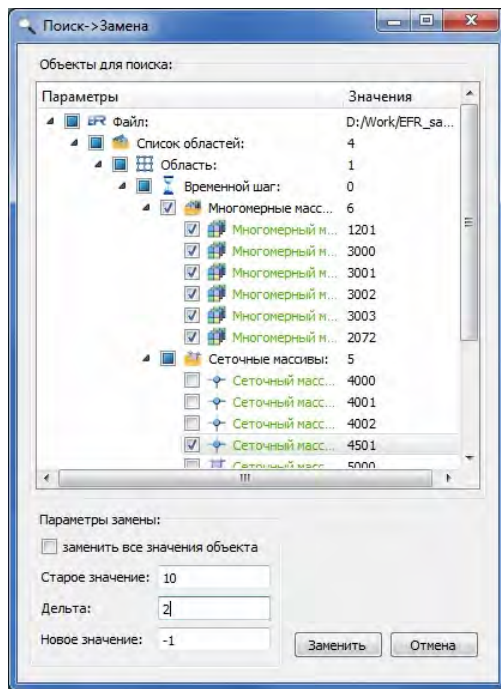


Рис. 8. Диалог «Поиск->Замена»

## Заключение

Разрабатываемый программный продукт EFR Tools является удобным средством для визуального тестирования библиотеки EFR, диагностики и коррекции ЕФР-разрезов.

Разработка EFR Tools позволила достичь следующих важных целей:

- ускорить и упростить процесс тестирования и отладки функционала библиотеки;
- ускорить и упростить процесс внедрения новых возможностей библиотеки в программы общего сервиса, а также предоставила ряд необходимых средств создания, диагностики и коррекции ЕФР-разрезов:
- средство для создания тестовых ЕФР-разрезов;
- средство для восстановления «битых» ЕФР-разрезов;
- средство для локализации и коррекции узких мест в объектах данных ЕФР-разреза.

Данные средства весьма полезны для разработчиков при отладке собственных программных комплексов, отладке новых возможностей и для решения проблем связанных с постобработкой ЕФР-разрезов программами общего сервиса.

### **Литература**

1. Волгин А. В., Красов А. В., Кузнецов М. Ю., Тарасов В. И. Библиотека ЕФР для универсального

представления расчетных данных // Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2007. Выпуск 11. С. 130–135.

2. Шлее М. Qt 4. Профессиональное программирование на С++. С-Пб: БХВ - Петербург, 2010.

3. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt 4: Профессиональное программирование GUI на С++. М: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008.