



**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ  
СИСТЕМ**

**(ПК АРБИТР, версия 1.0.1)**

# **ИНСТРУКЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

*Все материалы, опубликованные в данной "Инструкции пользователя", являются собственностью ООО "СПИК СЗМА". Любое использование материалов (полное или частичное их копирование, тиражирование, перевод на другие языки, публикация где-либо, включая электронные и печатные носители информации, а также веб-сайты) без письменного разрешения ООО "СПИК СЗМА" является нарушением Закона об авторских правах. При использовании материалов с разрешения авторов ссылка на "Инструкцию пользователя" ПК АРБИТР обязательна*

**Санкт-Петербург**

**2024 г.**



## Содержание

Введение .....	4
Основы работы с программным Комплексом .....	6
1 Общая организация использования Комплекса .....	6
2 Инсталляция и запуск Комплекса.....	6
2.1 Объем поставки .....	6
2.2 Системные требования .....	7
2.3 Инсталляция.....	7
2.4 Запуск программного Комплекса.....	10
2.5 Изменение размеров окон.....	11
2.6 Использование интерфейса Комплекса .....	12
2.7 Основные элементы управления.....	12
2.8 Изменение размеров и положения Основного окна .....	12
2.9 Перемещение Основного окна Комплекса.....	13
2.10 Работа с несколькими Комплексами .....	13
2.11 Главное меню программного Комплекса .....	14
2.11.1 Обзор Главного меню .....	14
2.11.2 Работа с Главным меню .....	14
2.11.3 Команды пункта "Файл" Главного меню .....	15
2.11.4 Команды пункта "Утилиты" Главного меню .....	15
2.11.5 Команды пункта "Помощь" Главного меню .....	16
2.12 Панель, дублирующая пункты основного меню .....	16
2.13 Панель инструментов (кнопок быстрого доступа).....	16
2.14 Панель статуса системы.....	17
Ввод и редактирование СФЦ.....	18
3 Основы работы .....	18
3.1 Создание и сохранение СФЦ.....	18
3.1.1 Создание новой СФЦ .....	18
3.1.2 Сохранение созданной СФЦ.....	18
3.2 Открытие и редактирование ранее разработанной СФЦ.....	19
3.3 Изменение размеров области ввода СФЦ .....	20
3.4 Загрузка фонового рисунка .....	20
4. Работа с основными объектами Окна ввода СФЦ .....	21
4.1 Работа с функциональными и фиктивными вершинами .....	21
4.1.1 Добавление функциональных и фиктивных вершин в граф СФЦ .....	21
4.1.2 Изменение цвета фона вершины .....	22
4.1.3 Изменение номера вершины.....	22
4.1.4 Задание значения К из N.....	24
4.2 Работа с ребрами .....	25
4.2.1 Добавление ребра .....	25



4.2.2 Удаление вершин и ребер СФЦ .....	25
4.2.3 Перемещение вершин и ребер в СФЦ .....	26
4.3 Работа с пояснительным текстом.....	26
4.3.1 Добавление пояснительного текста в СФЦ.....	26
4.3.2 Выбор шрифта для пояснительного текста .....	27
4.3.3 Редактирование пояснительного текста .....	27
4.3.4 Удаление пояснительного текста .....	28
4.3.5 Перемещение пояснительного текста.....	28
4.4 Работа с эквивалентированными вершинами .....	28
4.4.1 Создание эквивалентированной вершины в основной СФЦ.....	29
4.4.2 Удаление эквивалентированной вершины .....	30
4.5 Работа с группами .....	31
4.5.1 Создание группы .....	31
4.5.2 Добавление элемента в группу.....	32
4.5.3 Удаление элемента из группы .....	32
4.5.4 Изменение параметров группы ООП.....	32
4.5.5 Изменение параметров группы несовместных событий .....	33
Ввод параметров и режимов .....	35
5 Ввод и редактирование параметров элементов .....	35
6 Установка режимов моделирования.....	37
Моделирование и просмотр результатов .....	39
7 Ввод и редактирование ЛКФ системы .....	39
8 Автоматизированное моделирование и расчет .....	40
9 Просмотр результатов моделирования .....	41
9.1 Просмотр диаграмм значимостей и вкладов элементов .....	41
9.2 Просмотр графиков вероятно-временных характеристик .....	42
9.3 Просмотр отчета о результатах моделирования и расчетов .....	42
Пример решения задачи с помощью ПК АРБИТР .....	43
10 Подготовительный этап.....	43
11 Ввод исходных данных.....	44
12 Моделирование и просмотр результатов .....	45
Утилиты расчета вероятностей базовых событий групп элементов .....	47
13 Расчета К из N. Метод агрегирования .....	49
14 Расчет К из N. Метод формирования комбинаций .....	51
15 Расчет вероятностей отказов по общей причине .....	53
Литература.....	54



## Введение

Программный комплекс (ПК) автоматизированного структурно-логического моделирования АРБИТР (ПК АСМ СЗМА), версия 1.0.1 разработан в ООО "Специализированная инжиниринговая компания Севзапмонтажавтоматика" (ООО "СПИК СЗМА") в целях анализа свойств устойчивости (надежности, живучести, безопасности) различных сложных системных объектов и процессов, включая объекты использования атомной энергии и другие опасные производственные объекты большой размерности и высокой структурной сложности.

ПК АРБИТР (далее Комплекс) предназначен для выполнения следующих основных функций:

- автоматизированного построения математических моделей (логических и вероятностных функций) и расчета вероятностных показателей различных свойств устойчивости структурно-сложных систем, включая объекты использования атомной энергии (ОИАЭ) и другие опасные производственные объекты (ОПО);
- моделирования различных вариантов аварийных ситуаций и аварий, расчет вероятностей показателей возникновения (не возникновения) и остаточных показателей устойчивости структурно-сложных систем, включая ОИАЭ и другие ОПО;
- выполнение отдельных этапов вероятностного анализа безопасности (ВАБ) нулевого и первого уровней ОИАЭ и других ОПО;
- проектных расчетов надежности систем нормальной эксплуатации АЭС и систем безопасности АЭС, не подвергающихся периодическим проверкам и восстановлению;
- автоматического построения логических и вероятностных математических моделей для систем большой размерности и высокой структурной сложности;
- вывода на экран дисплея результатов моделирования и расчетов и сохранения их в файле результатов (RezAcm.lst) с целью выработки и технико-экономического обоснования проектных решений в области обеспечения надежности и безопасности исследуемых системных объектов.

ПК АРБИТР разработан с использованием:

1. Операционной системы Microsoft Windows 7 Professional.
2. Среды программирования Embarcadero Delphi XE, Version 15.0.3890.34076.
3. Прототипа программного комплекса ПК АСМ 2001, Свидетельство Роспатент РФ Об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003611099 от 12 мая 2003 г.
4. Внедренной библиотеки "LOG\_WF.bpl" программных модулей автоматического построения монотонных и немонотонных логических функций работоспособности систем и многочленов вероятностных функций (Программа ЛОГ&ВФ, свидетельство Роспатент РФ Об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2003611100 от 12 мая 2003 г.), договор с ООО "СПИК СЗМА" № 1/2022 от 18.08.2022 г.

Правообладателем ПК АРБИТР является ООО "СПИК СЗМА", что подтверждается Свидетельством Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660507 от 22 сентября 2017 г. и Изменением в свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660507 от 13 октября 2022 г.

Теоретической основой ПК АРБИТР является общий логико-вероятностный метод (ОЛВМ), теория и технология автоматизированного структурно-логического моделирования. На всех уровнях моделирования (структурном, логическом и вероятностном) ПК АРБИТР реализует все возможности основного аппарата моделирования алгебры логики в функционально полном базисе операций "И", "ИЛИ" и "НЕ". Это позволяет с помощью ПК АРБИТР выполнять практически все задачи логико-вероятностного моделирования, которые



решаются с помощью других теорий и технологий автоматизированного структурного моделирования (деревьев отказов, деревьев событий, графов связности и т.п.), а также ставить и решать новый класс задач немонотонного анализа сложных системных объектов и процессов.

Настоящая версия ПК АРБИТР реализована на основе базовой версии 1.0 и обеспечивает комплексное решение основных и типовых задач всех этапов общего логико-вероятностного метода анализа надежности, живучести и безопасности систем. Для решения специальных задач моделирования и расчета надежности, безопасности, оценки риска функционирования и технико-экономического обоснования управленческих решения возможно дальнейшее развитие и адаптация ПК АРБИТР к новым классам задач и предметным областям.



## Основы работы с программным Комплексом

В данном разделе изложена процедура инсталляции Комплекса и основы работы с программным Комплексом.

### **1 Общая организация использования Комплекса**

Для моделирования и расчета показателей надежности, живучести и безопасности системы необходимо подготовить следующие основные исходные данные:

- Изучить объект и осуществить первичное формализованное событийно-логическое описание условий реализации его элементами исследуемого свойства устойчивости (например, ее работоспособности, отказа, возникновения или не возникновения аварийных ситуаций и др.). Первичное формализованное описание может быть выполнено в любой логически строгой структурной форме, например, с помощью функциональной схемы, с помощью дерева отказов, дерева событий, последовательно-параллельного соединения (блок-схемы), графа связности и др.
- Разработать (на основе первичного формализованного описания) **схему функциональной целостности (СФЦ)** исследуемого свойства системы (одну или несколько).
- Задать **логические критерии функционирования (ЛКФ)** реализации исследуемых свойств системы, определяющие, например, условия безотказности или отказа системы, реализации (или не реализации) основных функций, возникновения (или не возникновения) аварийных ситуаций.
- Определить вероятностные и другие параметры элементов исследуемой системы.

Для выполнения моделирования и расчетов показателей необходимо запустить ПК АРБИТР, ввести в него подготовленные исходные данные, выполнить автоматизированное моделирование и расчет показателей исследуемого свойства системы. Полученные результаты далее используются для выработки, обоснования и реализации исследовательских, проектных, эксплуатационных и других управленческих решений.

### **2 Инсталляция и запуск Комплекса**

Подробно изложен процесс инсталляции и запуска программного Комплекса.

#### **2.1 Объем поставки**

Комплекс поставляется на CD-ROM. В состав поставки входят следующие основные компоненты:

- упаковочная коробка;
- CD-ROM с установочными файлами и аппаратным ключом защиты;
- лицензионное соглашение;
- инструкция пользователя.



## 2.2 Системные требования

Конфигурация аппаратной части компьютера:

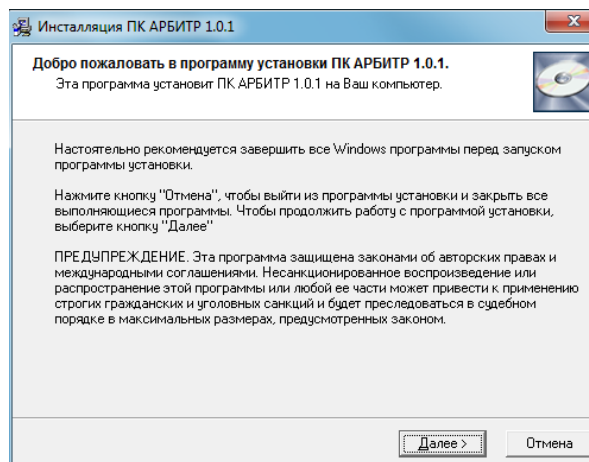
	Минимальная	Рекомендуемая
Процессор	x86	Core i7
Оперативная память	32MB	2GB
Дисковое пространство	5MB	100MB
Привод CD-ROM	Да	
Разрешение монитора	800x600 16 бит	1024x768 32 бит

Конфигурация программного обеспечения:

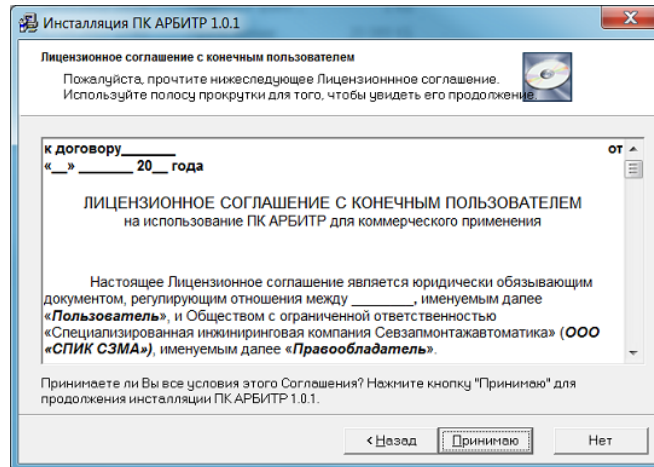
	Минимальная	Рекомендуемая
Операционная система	Windows XP	Windows 10
Браузер	Internet Explorer 4.0	Internet Explorer 11.0

## 2.3 Инсталляция

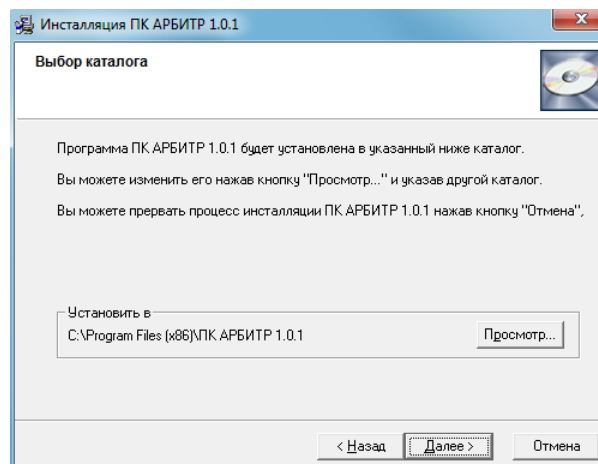
Для инсталляции Комплекса необходимо установить инсталляционный CD-ROM в считывающее устройство. Если автоматический запуск программ с компакт диска не отменен администратором системы, программа инсталлятор автоматически стартует и появится диалог приветствия.



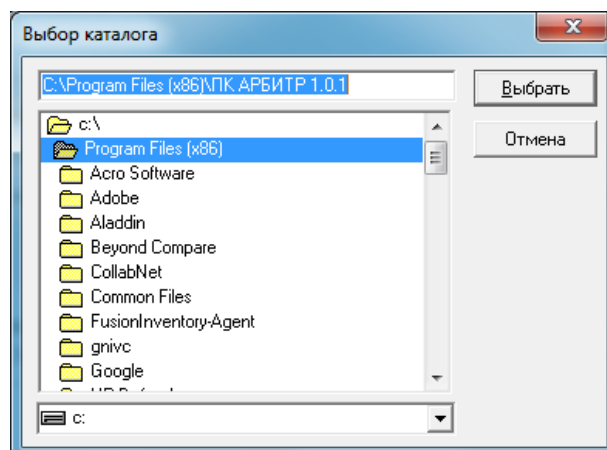
Если этого не произошло, то с помощью Проводника Windows необходимо запустить инсталлятор вручную, два раза щелкнув на файле "Setup". После нажатия кнопки "Далее" окна приветствия откроется окно с Лицензионным соглашением с конечным пользователем



Следует внимательно прочитать Лицензионное соглашение. Вы можете продолжить инсталляцию, только если принимаете его условия. Нужно нажать кнопку "Принимаю" для подтверждения. Используя полосу прокрутки, справа, можно просмотреть весь текст Соглашения. Для прокрутки с помощью колеса мыши или стрелок клавиатуры необходимо щелкнуть левой кнопкой на тексте. После нажатия кнопки "Принимаю" откроется окно выбора каталога



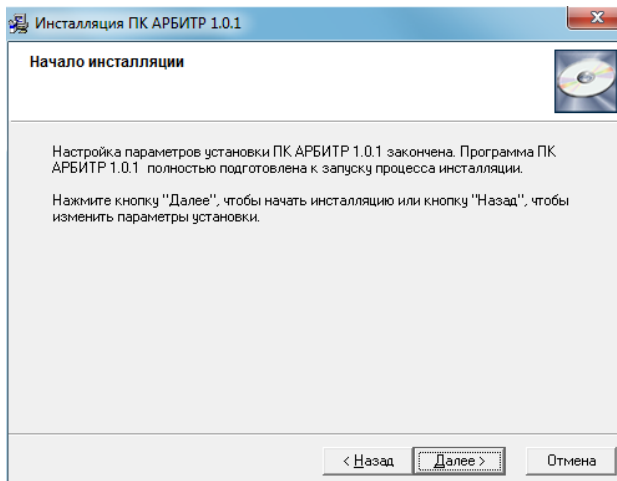
При желании можно выбрать каталог, в который будет устанавливаться программа. Для того чтобы установить в каталог по умолчанию, нужно нажать кнопку "Далее". Чтобы выбрать другой каталог необходимо нажать кнопку "Просмотр".



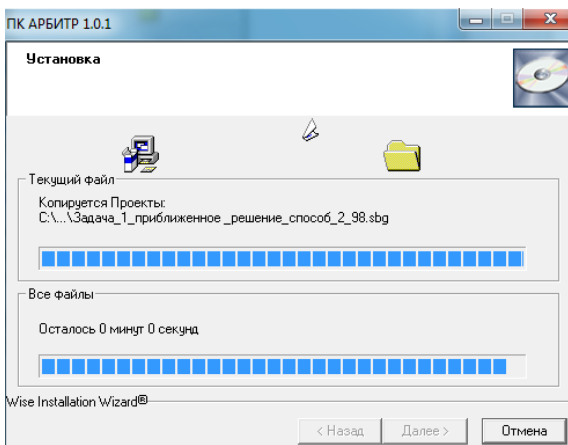




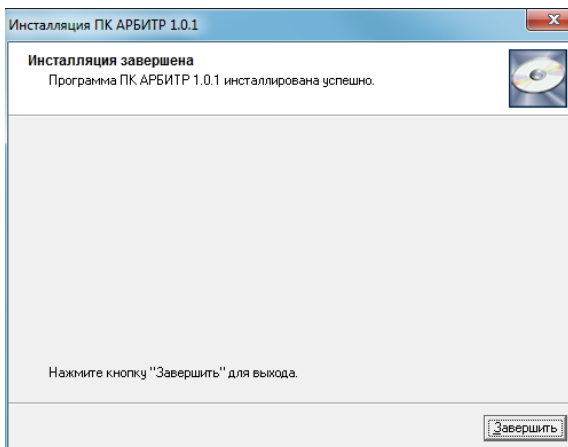
Для подтверждения Вашего выбора нужно нажать кнопку "Выбрать". Следующий диалог сообщает, что выбор опций инсталляции завершён и далее начнется автоматический процесс установки программного комплекса в указанный Вами каталог.



Затем следует нажать кнопку "Далее" и дождаться окончания процесса инсталляции.



В процессе инсталляции осуществляется распаковка архивных файлов, поэтому инсталляция может занять некоторое время. Оно зависит от быстродействия компьютера и привода считывающего устройства. Если процесс инсталляции прошел успешно вы увидите следующий диалог.

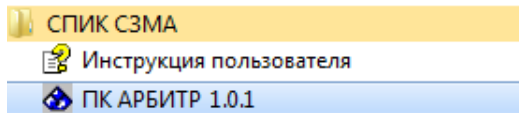


Нужно нажать кнопку "Завершить", чтобы завершить инсталляцию.



## 2.4 Запуск программного Комплекса

После инсталляции в рабочем меню операционной системы Windows ("Пуск" - "Программы" - "СПИК СЗМА") размещается ярлык запуска ПК АРБИТР 1.0.1.



После запуска Комплекса открывается основное окно ПК АРБИТР, представленное на Рис.1.

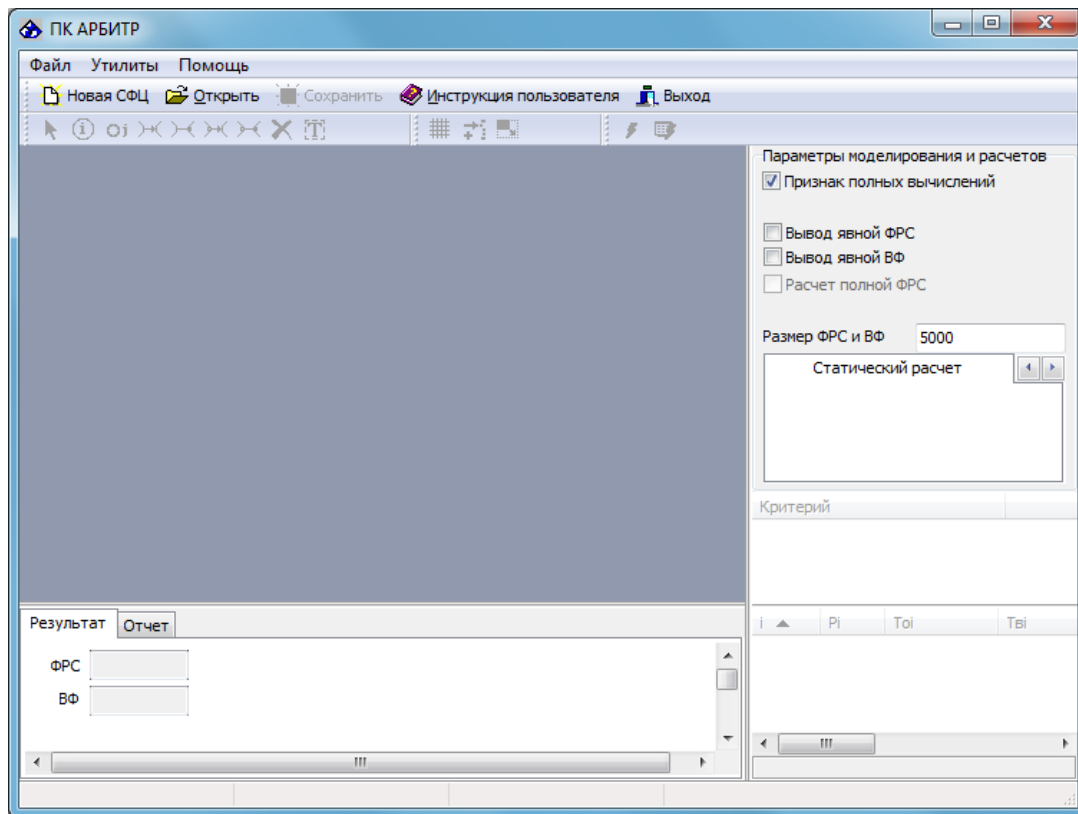


Рисунок 1 – Основное окно ПК АРБИТР

После открытия схемы функциональной целостности и выполнения моделирования и расчетов основное окно ПК АРБИТР принимает вид, представленный на рис.2.

Основное окно Комплекса состоит из следующих частей:

- строки заголовка (1);
- строки главного меню (2);
- двух панелей быстрого доступа (3);
- 4-х дочерних окон, разделенных скользящими полосками (5), позволяющими изменять их размеры:
  - o Окна ввода схемы функциональной целостности исследуемой системы (4);
  - o Окна параметров моделирования и расчетов (6);
  - o Окна таблиц критериев функционирования (7) и параметров элементов (8);
  - o Окна вывода результатов моделирования и расчетов (9).
- строки статуса (10).

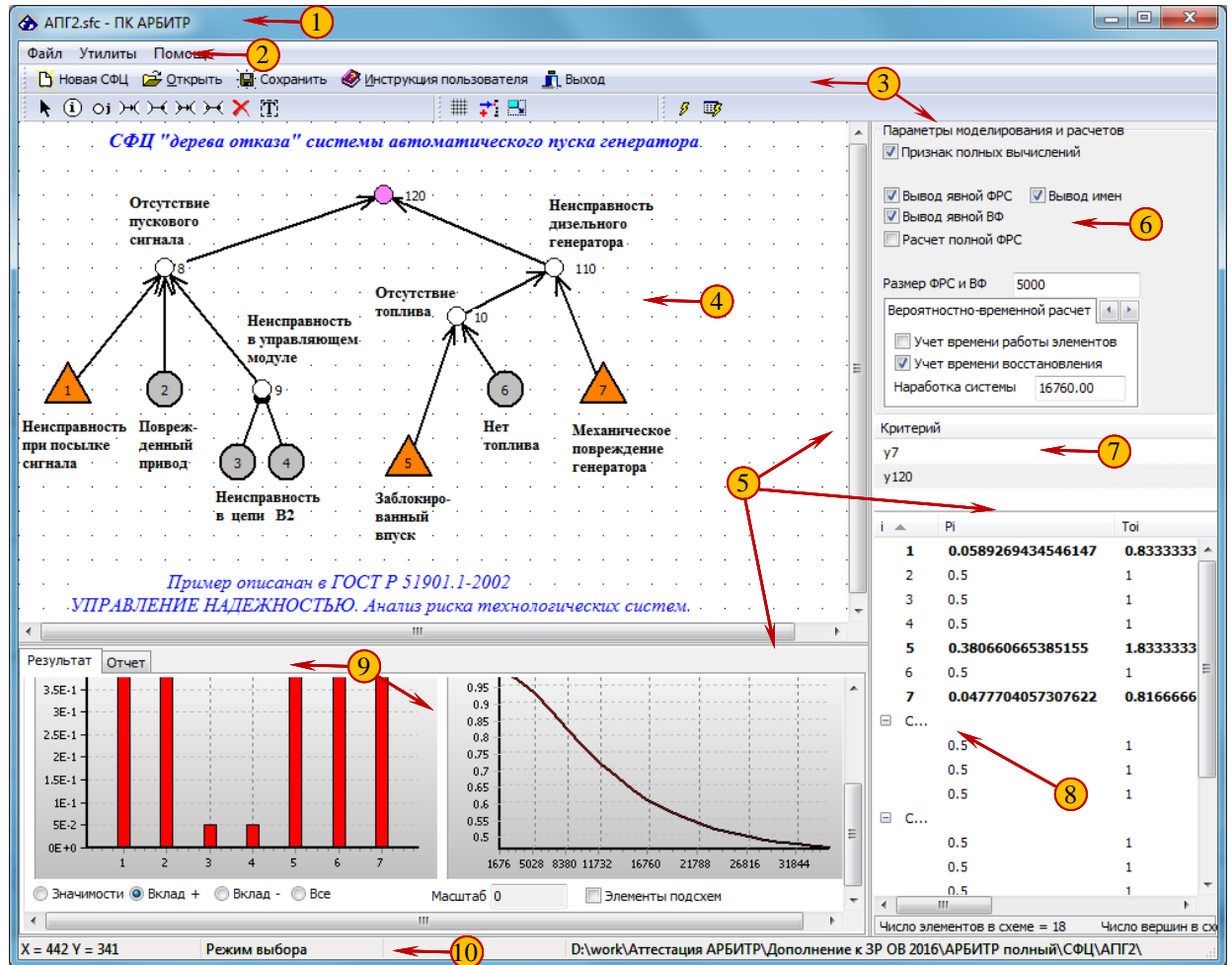

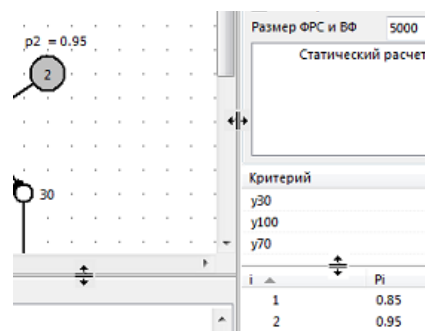


Рисунок 2 – Основное окно ПК АРБИТР после выполнения моделирования и расчетов

## 2.5 Изменение размеров окон

В Комплексе предусмотрена возможность изменения размеров Окна ввода СФЦ, Окна ввода параметров и Окна вывода результатов с помощью вертикальной и горизонтальной разделительных полос (см. рис.2 ч.5). Для изменения размеров окон необходимо привести указатель мыши на разделительную полосу. После того, как стрелка указателя изменит свой вид на  (Разделитель), необходимо нажать левую клавишу мыши и, удерживая ее, выполнить перетаскивание разделительной полосы (влево/вправо или вверх/вниз) до формирования необходимого размера выбранного окна.



Отображение внутренних объектов каждого из окон может изменяться с помощью соответствующих полос прокрутки.



## 2.6 Использование интерфейса Комплекса

Под интерфейсом пользователя понимается совокупность объектов графической оболочки, обеспечивающих управление Комплексом с помощью мыши и клавиатуры. Под управлением будем понимать действия по вводу в ПК АРБИТР исходных данных (СФЦ, ЛКФ, параметров элементов, см. рис.2 ч.4, 7 и 8), задания параметров моделирования и расчетов (см. рис.2 ч.6), вывода и документирования результатов (см. рис.2 ч.9).

Пользовательский интерфейс ПК АРБИТР максимально приближен к стандартному интерфейсу приложений офисного пакета Microsoft Office. Это облегчает его изучение и практическое освоение специалистами, имеющими опыт работы со стандартными Windows-приложениями.

Все управляющие и информационные объекты Комплекса снабжены информационными подсказками. Они высвечиваются на экране дисплея при наведении на объект указателя мыши и задержке на 2 секунды.

## 2.7 Основные элементы управления

В верхней части Основного окна ПК АРБИТР (см. рис.2) находится строка заголовка. При включении Комплекса в этой строке высвечивается надпись "ПК АРБИТР". После построения и сохранения или вызова СФЦ надпись в панели заголовка меняется и составляет "{наименование СФЦ} ПК АРБИТР".



В правом углу панели заголовка расположены три стандартные кнопки управления, позволяющие сворачивать, разворачивать или закрывать Основное окно.

	Завершает работу Комплекса.
	Разворачивает Основное окно на весь экран. Появляется при стандартном размере Основного окна.
	Уменьшает Основное окно до стандартного размера. Отметим, что развернуть или уменьшить до стандартного размера Основное окно можно двойным щелчком в области заголовка. Высвечивается при полноэкранном размере Основного окна.
	Сворачивает Основное окно в панель задач.

Под заголовком окна находится панель Главного меню ("Файл", "Утилиты" и "Помощь"). Ниже располагаются две панели инструментов с кнопками быстрого доступа, которые дублируют часть пунктов Главного меню ("Новая СФЦ", "Открыть" существующую СФЦ, "Сохранить" подготовленную СФЦ, открытия "Инструкции пользователя" и "Выход" - закрытие ПК АРБИТР).



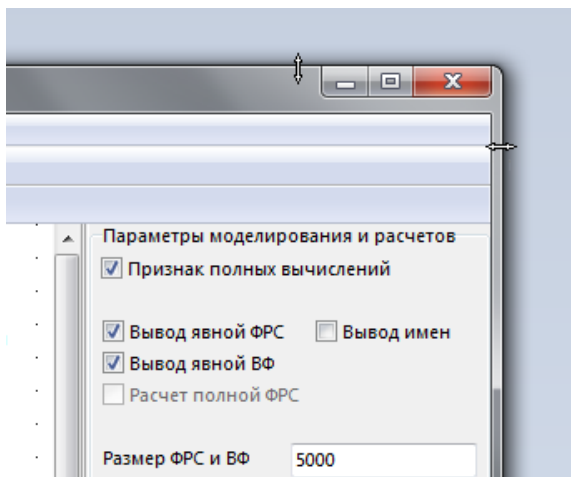
Кнопки нижней строки обеспечивают ввод графа СФЦ и пуск автоматического моделирования и выполнения расчетов.

## 2.8 Изменение размеров и положения Основного окна

Для изменения размеров Основного окна интерфейса ПК АРБИТР (см. рис.2) необходимо перетащить мышью его угол или границу. Указатель мыши устанавливается на угол или линию границы окна интерфейса. Он приобретает вид двух соединенных между собой стрелок, направленных в противоположные стороны: вверх-вниз - при перемещении верхней или нижней границы окна и вправо-влево - при перемещении правой или левой



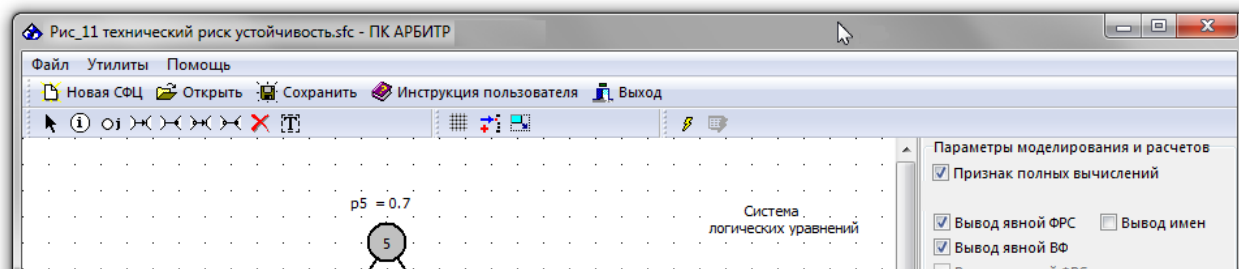
границы. Затем, удерживая левую кнопку мыши, перетаскивают рамку окна интерфейса в требуемую сторону. Новый размер окна фиксируется после освобождения кнопки мыши.



Размер Основного окна изменяется одновременно по высоте и ширине при перетаскивании любого одного из его углов с помощью мыши. В этом случае указатель принимает вид двунаправленной стрелки, расположенной под углом к границам окна.

## **2.9 Перемещение Основного окна Комплекса**

Для перемещения окна указатель устанавливают на строке заголовка (см. рис.ниже) и, удерживая левую кнопку мыши, перетаскивают окно в требуемое положение на экране монитора. Во время перемещения Основное окно имеет вид рамки (если отключена опция экрана "отображать содержимое окна при перетаскивании").



## **2.10 Работа с несколькими Комплексами**

Для работы с несколькими проектами необходимо запустить Комплекс так, как это было описано в п.2.4, затем щелкнуть кнопку и свернуть Основное окно, а затем еще раз запустить Комплекс. После этого на экране монитора будет отображено окно редактирования второго активного Комплекса. Окно первого открытого, но не активного в данный момент Комплекса, будет размещено на панели задач Windows. Для активизации необходимо щелкнуть на нем левой кнопкой мыши.

При необходимости иметь на экране два окна редактирования, нужно свернуть (или закрыть) все окна активных приложений за исключением окон Комплекса, щелкнуть правой кнопкой мыши на свободном месте панели задач Windows и в появившемся меню выбрать подходящий вариант расположения окон (например, "каскадом" или "сверху вниз", как на рис.3).

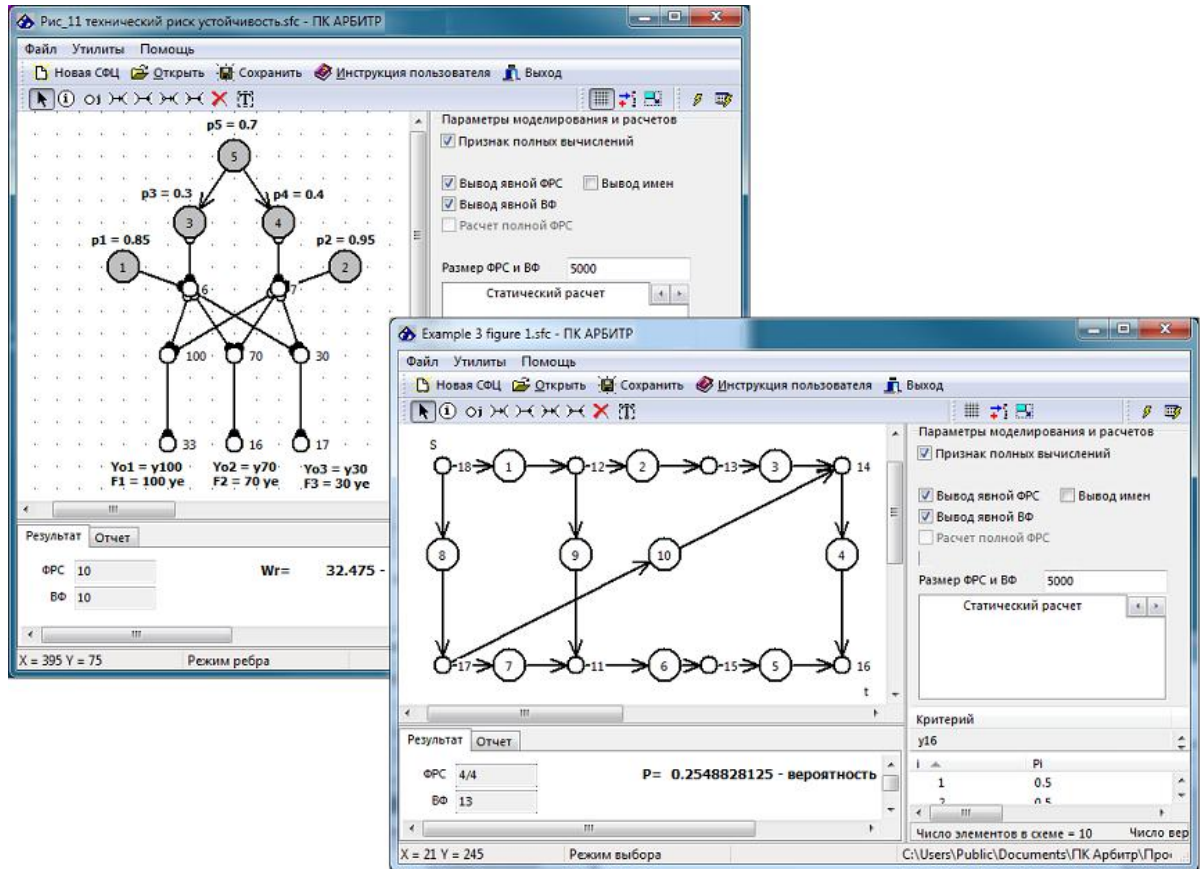


Рисунок 3 – Расположение окон Комплекса "каскадом" ("сверху вниз")

## 2.11 Главное меню программного Комплекса

В данном разделе представлен обзор Главного меню программного Комплекса.

### 2.11.1 Обзор Главного меню

Главное меню Комплекса представлено на следующем рисунке



Меню включает в себя три пункта:

- "[Файл](#)" - работа с файлами проектов;
- "[Утилиты](#)" - вспомогательные утилиты расчета параметров элементов;
- "[Помощь](#)" - вызов справочной информации о ПК АРБИТР.

### 2.11.2 Работа с Главным меню

Каждый пункт Главного меню может быть сделан активным. Для этого достаточно выбрать его курсором мыши и нажать левую клавишу. После этого открывается список команд данного пункта меню. Списки команд пунктов Главного меню Комплекса приведены на рис.4, рис.5 и рис.6.

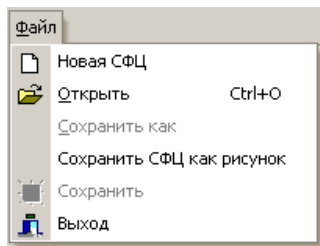


Рисунок 4 – Меню "Файл"

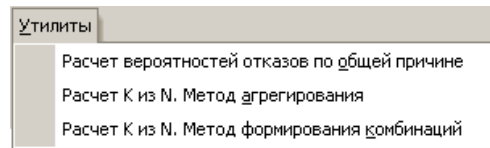


Рисунок 5 – Меню "Утилиты"

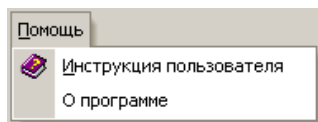


Рисунок 6 – Меню "Помощь"

Доступные в текущий момент команды выделены в Главном меню ярким шрифтом, а недоступные - шрифтом с затенением. Перемещение по списку подменю, выбор и включение нужной команды производится либо с помощью указателя мыши, либо с помощью клавиатуры, используя клавиши перемещения курсора по вертикали.

### 2.11.3 Команды пункта "Файл" Главного меню

Данный пункт Главного меню включает совокупность команд для управления работой с файлами.

На рис.4. показаны команды подпункта меню "Файл". Справа от команд приведены сочетания клавиш, которые необходимо нажать для активизации этой команды без использования мыши.

Таблица 1 – Назначение команд Главного меню "Файл"

Команда	Действие
Новая СФЦ	Открывает новое поле "Окна ввода СФЦ" (см. рис.2) для построения графа новой СФЦ системы
Открыть	Вызывает стандартное диалоговое окно "Открыть файл", с помощью которого в Комплекс загружается ранее подготовленная и сохраненная СФЦ
Сохранить как	Вызывает стандартное диалоговое окно "Сохранить как", с помощью которого пользователь вводит имя файла и сохраняет разработанную СФЦ
Сохранить СФЦ как рисунок	Выполняет сохранение изображения "Окна ввода СФЦ" в файле .bmp
Сохранить	Сохраняет измененную СФЦ в файле с ранее заданным именем
Выход	Завершение работы Комплекса

### 2.11.4 Команды пункта "Утилиты" Главного меню

Данный пункт Главного меню включает совокупность команд вызова вспомогательных утилит расчета параметров элементов.

Таблица 2 – Назначение команд Главного меню "Утилиты"

Команда	Действие
Расчет вероятностей отказов по общей причине	Вызывает диалоговое окно утилиты расчета вероятностных характеристик трех стандартных моделей отказов групп элементов по общей причине (Бета-фактора, Множественных греческих букв и Альфа-фактора)
Расчет К из N. Метод агрегирования	Вызывает диалоговое окно утилиты расчета вероятностных характеристик головных однородных комбинаторных подсистем "K/N" (K из N) методом агрегирования
Расчет К из N. Метод формирования комбинаций	Вызывает диалоговое окно утилиты расчета вероятностных характеристик головных неоднородных комбинаторных подсистем "K/N" (K из N) методом формирования комбинаций



### **2.11.5 Команды пункта "Помощь" Главного меню**

Данный пункт Главного меню включает совокупность команд вывода справочной информации о ПК АРБИТР.

Таблица 3 – Назначение команд Главного меню "Помощь"

Команда	Действие
Инструкция пользователя	Вызывает справочную систему Комплекса
О программе	Вызывает информационное окно "О программе ПК АРБИТР"

### **2.12 Панель, дублирующая пункты основного меню**

Данная панель располагается на третьей строке Основного окна Комплекса (см. рис.2) и представлена ниже

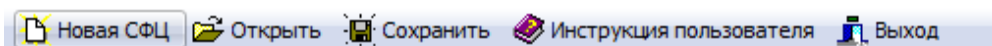


Рисунок 7 – Панель быстрого доступа к пунктам меню

Быстрые кнопки данной панели дублируют команды пункта "Файл" Главного меню (см. рис.4).

### **2.13 Панель инструментов (кнопок быстрого доступа)**

На четвертой сверху строке Основного окна Комплекса (см. рис.2) располагается панель группы кнопок быстрого доступа. Они используются для управления процессом ввода и корректировки графа СФЦ исследуемой системы.

Таблица 4 – Назначение кнопок панели инструментов

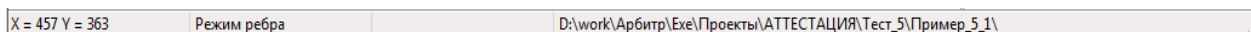
Кнопка	Подсказка	Назначение	Режим
	Выбор	Устанавливает режим графа "Выбор"	Режим выбора
	Функциональная вершина	Устанавливает режим графа для ввода функциональной вершины	Режим узла
	Фиктивная вершина	Устанавливает режим графа для ввода фиктивной вершины	Режим узла
	Ребро "ИЛИ"	Устанавливает режим графа для ввода прямого дизъюнктивного ребра между вершинами	Режим ребра
	Ребро "И"	Устанавливает режим графа для ввода прямого конъюнктивного ребра между вершинами	Режим ребра
	Ребро "НЕ-ИЛИ"	Устанавливает режим графа для ввода инверсного дизъюнктивного ребра между вершинами	Режим ребра
	Ребро "НЕ-И"	Устанавливает режим графа для ввода инверсного конъюнктивного ребра между вершинами	Режим ребра
	Удалить	Устанавливает режим графа для удаления объекта из СФЦ	Режим удаления
	Текст	Устанавливает режим графа для ввода пояснительного текста	Режим текста
	Изменить размеры окна	Вызывает окно изменения размеров области ввода СФЦ	-
	Загрузка картинка-подложки	Вызывает окно выбора файла с картинкой-подложкой	-
	Показать сетку	Убирает/показывает сетку привязки объектов в окне ввода СФЦ	-
	Моделирование и расчет	Выполняет автоматическое построение логической ФРС, многочлена ВФ и расчет показателей надежности и безопасности системы	-
	Расчет	Выполняет расчет показателей надежности и безопасности системы	-





## **2.14 Панель статуса системы**

Ниже представлена строка статуса Комплекса, расположенная в самой нижней часть Основного окна.



Строка статуса состоит из четырех секций:

- В первой секции высвечиваются координаты точки рабочего поля Окна ввода СФЦ, на которую указывает в данный момент указатель мыши. Отображение координат производится в пикселях относительно левого верхнего угла рабочего поля Окна ввода СФЦ. Смена значений координат происходит во время перемещения мыши в рабочем поле (области ввода СФЦ).
- Во второй секции отображается текущий режим обработки графа СФЦ. Он определяется последней нажатой кнопкой панели быстрого доступа. Наименования режимов приведены в последнем столбце табл.4.
- В четвертой секции отображается полный путь к рабочей папке, в которой размещаются сохраненные папки проектов с файлами СФЦ и результатами моделирования и расчетов.



## Ввод и редактирование СФЦ

В данном разделе изложена процедура ввода и редактирования схем функциональной целостности (СФЦ).

### 3 Основы работы


В Комплексе реализована возможность графического ввода и сохранения новых, а также открытие и редактирование ранее разработанных и сохраненных схем функциональной целостности систем.

#### 3.1 Создание и сохранение СФЦ

В данном разделе Вы найдете информацию о том, как создать новую СФЦ и сохранить ее на диске.

##### 3.1.1 Создание новой СФЦ

Для создания новой СФЦ:

1. Выберите пункт "Новая СФЦ" подменю "Файл" Главного меню программы (см. рис.4) или нажмите кнопку  "Новая СФЦ" на панели, дублирующей пункты Главного меню (см. рис.7).
2. В Окне ввода СФЦ открывается окно ввода новой СФЦ и становятся доступными кнопки изменения режима графа СФЦ.

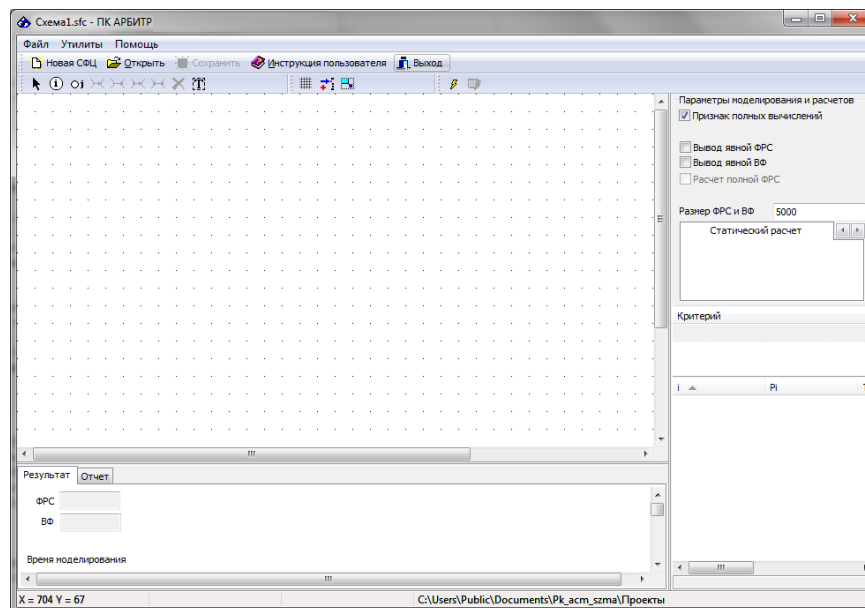


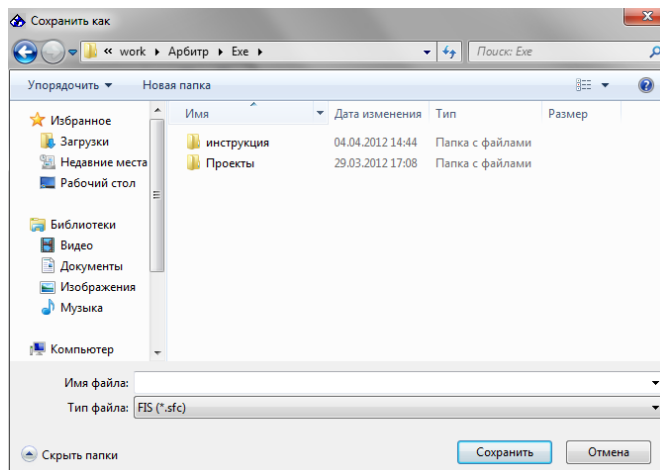
Рисунок 8 – Главное окно после включения кнопки "Новая СФЦ"

Стандартный исходный размер рабочего поля ввода СФЦ устанавливается в 995 на 585 пикселей.

##### 3.1.2 Сохранение созданной СФЦ

Для сохранения новой СФЦ:


1. Выберите пункт "Сохранить как" подменю "Файл" Главного меню программы (см. рис.4). Появится стандартное диалоговое окно сохранения файла



2. Введите новое имя файла в поле "Имя файла". Стандартное расширение ".sfc" можно не указывать.

3. Нажмите кнопку "Сохранить", чтобы сохранить СФЦ с указанным именем, или кнопку "Отмена", чтобы отказаться от сохранения.

Для сохранения существующей СФЦ:


1. Выберите пункт "Сохранить" подменю "Файл" главного меню программы (см. рис.4) или нажмите кнопку  "Сохранить" на панели, дублирующей пункты основного меню (см. рис.7).

#### **Примечание:**

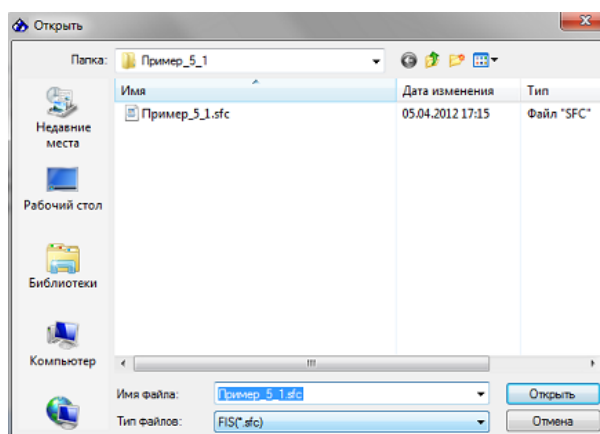
При этом окно для ввода имени файла не появляется, и СФЦ сохраняется в файле с тем же именем.

### **3.2 Открытие и редактирование ранее разработанной СФЦ**

Открыть ранее разработанную и сохраненную СФЦ можно двумя способами:

- командой "Файл" - "Открыть" Главного меню (см. рис.4);
- с помощью кнопки  "Открыть" на панели, дублирующей пункты Главного меню (см. рис.7).

В результате этих действий появится стандартное диалоговое окно



В центральной части диалога отображается список папок ранее сохраненных СФЦ (у каждой СФЦ своя папка), поэтому, сначала необходимо открыть папку, совпадающую с именем СФЦ (например, двойным щелчком левой клавиши мыши), а затем выбрать файл с расширением ".sfc" и нажать кнопку "Открыть" или дважды щелкнуть на имени файла.


Чтобы отказаться от выбора файла нажмите кнопку "Отмена".

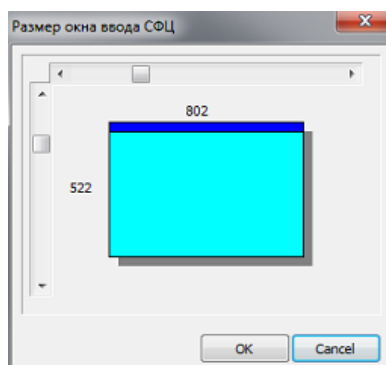


### **3.3 Изменение размеров области ввода СФЦ**

Как уже отмечалось ранее, размер рабочего поля Окна ввода СФЦ по умолчанию задан 995 пикселей в длину и 585 пикселей в высоту.

Для изменения размеров рабочего поля Окна ввода СФЦ:

1. Нажмите кнопку  "Изменить размеры окна" на панели инструментов. Откроется следующее диалоговое окно



Первоначально, полосы прокрутки диалогового окна установлены в положение, соответствующее размерам области ввода СФЦ, заданной по умолчанию.

2. Перемещая кнопки на полосе прокрутки с помощью указателя мыши, установите требуемый размер области ввода СФЦ. Числа вверху и слева указывают на текущие размеры изменяемой области в пикселях.
3. Нажмите кнопку "ОК" для подтверждения или "Отмена", чтобы отменить изменение размеров.


#### **Примечание:**

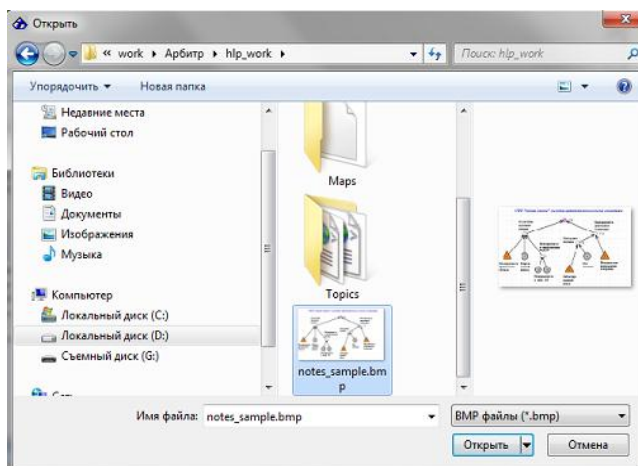
Если после установки новых размеров область ввода не помещается на экране дисплея, то автоматически появляются необходимые полосы прокрутки, с помощью которых можно передвинуть видимую область СФЦ.

### **3.4 Загрузка фонового рисунка**

Редактор СФЦ позволяет загружать любое растровое изображение в формате BMP в качестве фона рабочего поля Окна ввода СФЦ, которое можно создать с помощью любого растрового редактора (например: Microsoft Paint, входящего в стандартную поставку Windows).

Для загрузки фонового изображения:

1. Нажмите кнопку  "Загрузка картинки подложки" на панели быстрого доступа Главного окна. Откроется следующее диалоговое выбора фонового изображения



2. Выберите файл с изображением и нажмите кнопку "Открыть", чтобы сделать картинку фоном СФЦ, или "Отмена", чтобы отменить операцию.

**Примечание:**

После загрузки фонового изображения размеры области редактирования СФЦ изменятся в соответствии с размерами выбранного изображения.

#### **4. Работа с основными объектами Окна ввода СФЦ**

Редактор СФЦ позволяет использовать следующие изобразительные средства для описания различных структурных систем:


- функциональная вершина** - используется для изображения элементов системы на графе СФЦ;
- фиктивная вершина** - используется для отображения в СФЦ сложных логических связей и отношений между элементами;
- соединительное ребро** - представляет в СФЦ логические связи и отношения между элементами и подсистемами;
- эквивалентированная функциональная вершина** - представляет в основном графе СФЦ подсистему, состав элементов и структура которой описываются с помощью отдельного подграфа СФЦ второго уровня;
- пояснительный текст** - представляет различные заголовки, комментарии и пояснения.

##### **4.1 Работа с функциональными и фиктивными вершинами**

В программном Комплексе работа с функциональными и фиктивными вершинами примерно одинакова и различается только кнопками установки режимов обработки "Функциональная вершина" и "Фиктивная вершина" на панели быстрого доступа Главного окна (см. рис.2 и табл.4). Остальные действия над вершинами одинаковые.


##### **4.1.1 Добавление функциональных и фиктивных вершин в граф СФЦ**

Для добавления функциональной вершины в СФЦ:

1. Установите "Режим вершины". (Нажмите кнопку  "Функциональная вершина" на панели быстрого доступа Главного окна).
2. Переместите указатель мыши в место вставки вершины.
3. Нажмите левую клавишу мыши.

Вершина добавится в граф СФЦ. Новой вершине (по умолчанию) присваивается очередной порядковый номер.



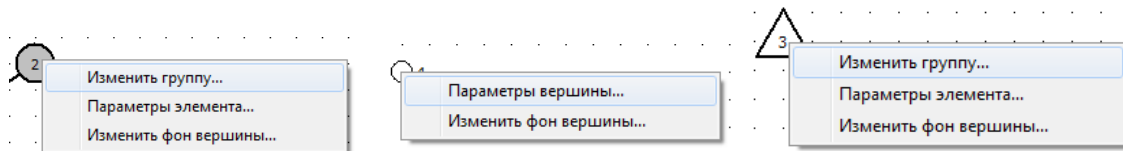
Добавление фиктивной вершины производится аналогично с помощью кнопки  "Фиктивная вершина" на панели кнопок быстрого доступа.

#### **4.1.2 Изменение цвета фона вершины**

Для придания СФЦ большей наглядности и информативности Вы можете изменить цвет фона вершины.

Для изменения цвета фона вершины:

1. Наведите указатель мыши на выбранную вершину.
2. Нажмите правую кнопку мыши. Появится контекстное всплывающее меню



3. Выберите пункт "Изменить фон вершины". Появится стандартный диалог выбора цвета

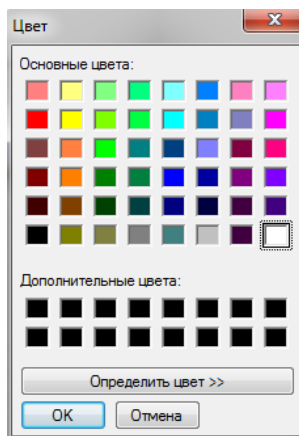


Рисунок 9 – Диалог выбора цвета

4. Выберите новый цвет окраски фона вершины и нажмите кнопку "ОК" для подтверждения или кнопку "Отмена" для отмены.

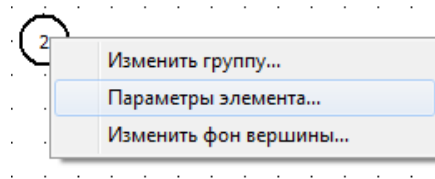
#### **4.1.3 Изменение номера вершины**

Основная СФЦ системы и каждая из СФЦ подсистем (эквивалентированных вершин) могут содержать функциональные и фиктивные вершины со схемными номерами от 1 до 999 включительно. В рамках этого диапазона схемные номера вершин могут назначаться произвольно. Не допускается использование одинаковых номеров у разных вершин одной СФЦ.

При вводе новых вершин в СФЦ (см. пункт 4.1) их номера устанавливаются автоматически в порядке возрастания. На любом этапе построения СФЦ номера вершин можно изменять.

Для изменения номера вершины:

1. Наведите указатель мыши на выбранную вершину.
2. Нажмите правую кнопку мыши. Появится контекстное всплывающее меню



3. Выберите пункт "Параметры элемента". Появится диалог изменения параметров вершины

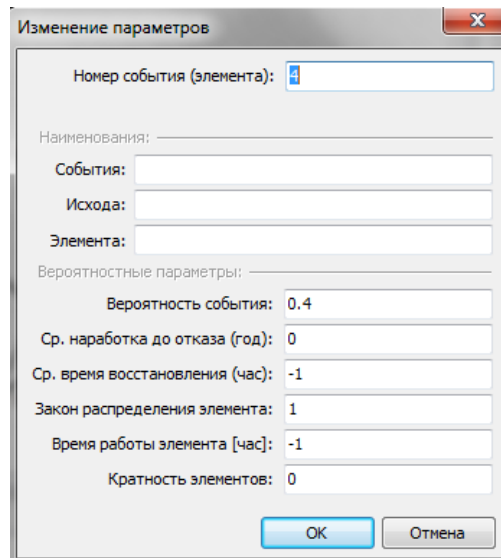


Рисунок 10 – Диалог изменения параметров функциональной вершины

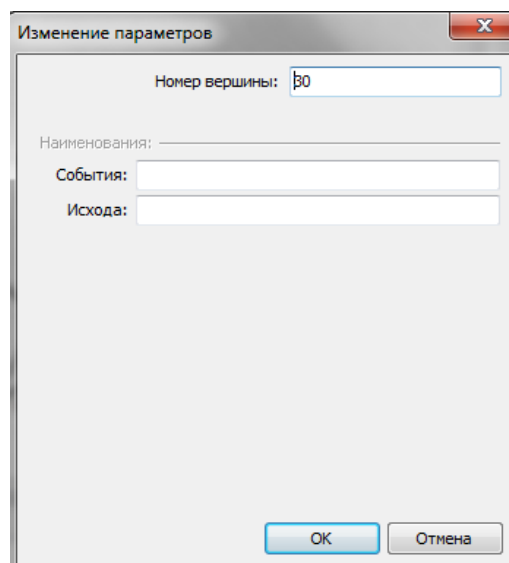


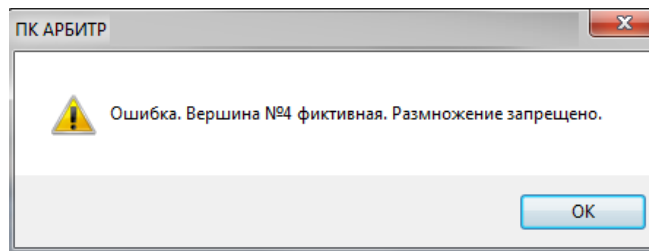
Рисунок 11 – Диалог изменения параметров фиктивной вершины

4. Измените номер вершины в поле "Номер события (элемента)".

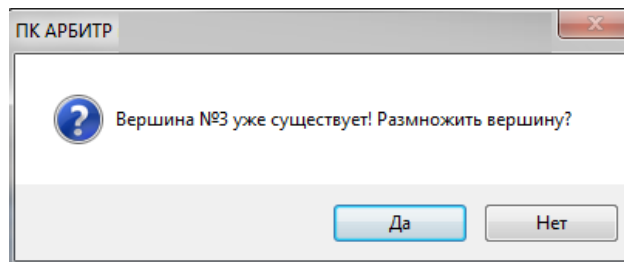
5. Нажмите кнопку "OK".

**Примечание:**

В процессе присвоения очередного или ввода нового номера вершины выполняется проверка на его совпадение с уже существующим в СФЦ. Если вершина с таким же номером уже существует в схеме и ее размножение невозможно, то изменение номера отменяется, и выводится предупреждение

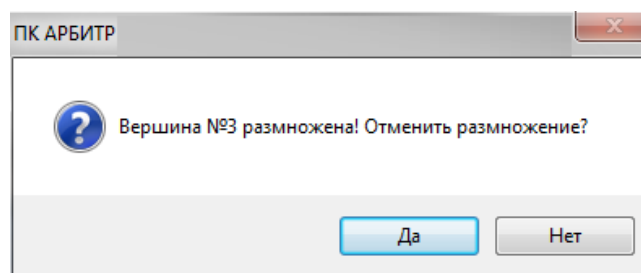


Иначе появится запрос на размножение вершины



Выберите "Да", чтобы подтвердить размножение, или "Нет" для отмены.

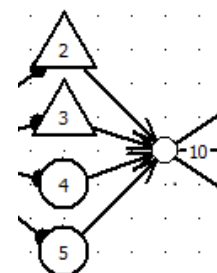
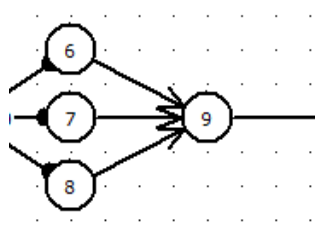
Если вершина уже размножена, то появится диалог на отмену размножения



Нажмите "Да", чтобы отменить размножение, или "Нет" для отмены.

#### **4.1.4 Задание значения К из N**

Если в функциональную или фиктивную вершину СФЦ заходит несколько (N более одной) дизъюнктивных дуг, то они представляют логическое условие "ИЛИ" (хотя бы 1 из N) обеспечения.



Если число N заходящих дизъюнктивных дуг больше двух ( $N > 2$ ), то для них можно задавать значения K различных вариантов комбинаторного обеспечения ( $K/N$  – не менее K из N). Для задания необходимого комбинаторного условия надо навести курсор на обеспечиваемую вершину (в которую заходят N дизъюнктивных ребер) и нажать правую кнопку мыши. Откроются окна, соответствующие виду обеспечиваемой вершины.





В поле "K" необходимо ввести требуемое значение ( $N > K > 1$ ) и нажать кнопку "OK" для сохранения или "Отмена" для отмены. Вершина, для которой установлено комбинаторное условие, преобразуется в форму шестигранника, около которого рекомендуется записать введенное комбинаторное соотношение K/N.



## 4.2 Работа с ребрами

Вы можете в СФЦ добавлять, перемещать и удалять ребра. Также в этом разделе описаны процедуры удаления и перемещения вершин СФЦ.

### 4.2.1 Добавление ребра

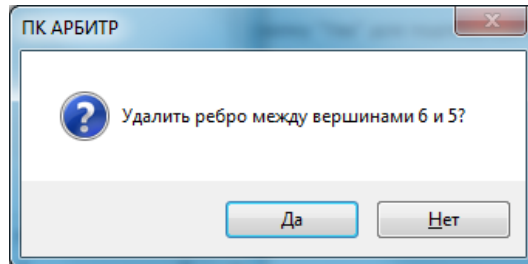
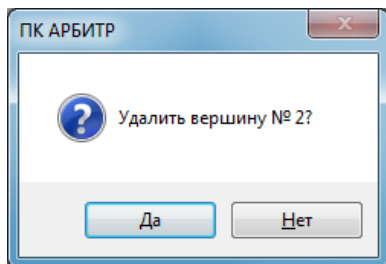
Для добавления ребра, соединяющего две вершины в СФЦ:

1. Нажмите одну из кнопок ввода ребра на панели быстрого доступа Главного окна:
2. Установите указатель мыши на начальную вершину графа (из которой должно исходить ребро).
3. Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская, переместите указатель (траектория отмечается сплошной линией) до конечной вершины (в которую должно заходить ребро).
4. Отпустите кнопку мыши.

### 4.2.2 Удаление вершин и ребер СФЦ

Для удаления какой-либо вершины или ребра в графе СФЦ:

1. Установите "Режим удаления" (нажмите кнопку "Удалить" на панели быстрого доступа Главного окна).
2. Установите указатель мыши над удаляемой вершиной или ребром.
3. Нажмите левую кнопку мыши. На экране появится диалоговое окно подтверждения удаления




4. Нажмите кнопку "Yes" для подтверждения удаления или "No" для отмены.

### **4.2.3 Перемещение вершин и ребер в СФЦ**

Все введенные функциональные и фиктивные вершины можно перемещать в любое место рабочего поля Окна ввода СФЦ.

Для перемещения вершины:

1. Установите "Режим выбора" (нажмите кнопку  "Выбор" на панели быстрого доступа Главного окна).
2. Наведите указатель мыши на перемещаемую вершину.
3. Нажмите левую клавишу мыши.
4. Не отпуская левую кнопку, перетащите вершину в новое место.
5. Отпустите клавишу.


Вершина переместится на новое место вместе со всеми входящими и исходящими из нее ребрами.

### **4.3 Работа с пояснительным текстом**

Вы можете добавлять в СФЦ различные заголовки, комментарии, наименования и т.п.

#### **4.3.1 Добавление пояснительного текста в СФЦ**

Для добавления пояснительного текста в СФЦ:

1. Установите "Режим текста" (нажмите левой клавишей мыши кнопку  "Текст" на панели инструментов).
2. Переместите указатель мыши в место ввода текста.
3. Нажмите левую клавишу мыши. Появится диалог редактирования

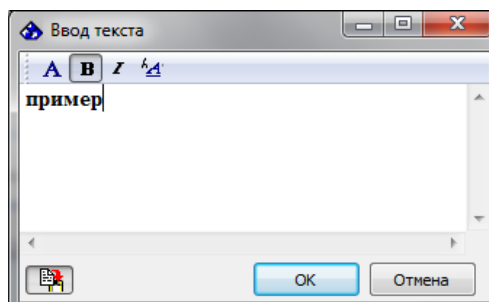




Рисунок 12 – Диалог редактирования пояснительного текста

4. Введите текст и нажмите кнопку "OK" завершения редактирования или "Отмена" для отмены.



### 4.3.2 Выбор шрифта для пояснительного текста

Для выбора типа, размера и цвета шрифта, с помощью которого будет выводиться пояснительный текст, используются кнопки  диалога редактирования. При нажатии кнопки  открывается стандартный диалог установки шрифта

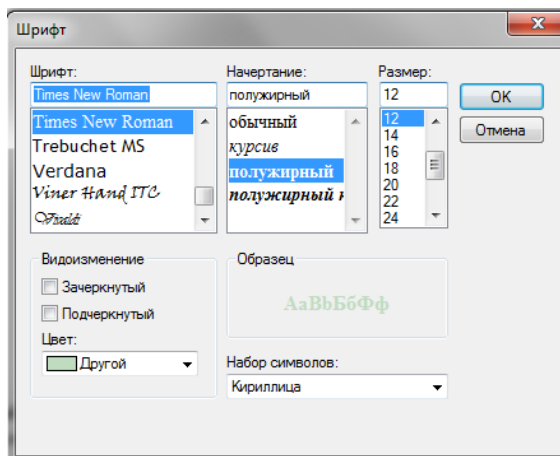



Рисунок 13 – Стандартный диалог установки шрифта

Следующие три управляющие клавиши окна ввода и редактирования текста  предназначены для быстрой установки начертания шрифта - "жирный", "курсив" и "подчеркнутый" соответственно.

Установка заданного шрифта производится после нажатия кнопки "ОК". Установку нового шрифта может выполняться в любой момент: до, в процессе и после набора пояснительного текста.

### 4.3.3 Редактирование пояснительного текста

Редактор СФЦ предоставляет стандартные возможности для ввода и изменения пояснительного текста:

- ввод;
- удаление;
- использование буфера обмена (копирование, вырезание, вставка);
- изменение формата и стиля шрифта.

Ниже приведен пример СФЦ с заголовком и пояснительными текстами.

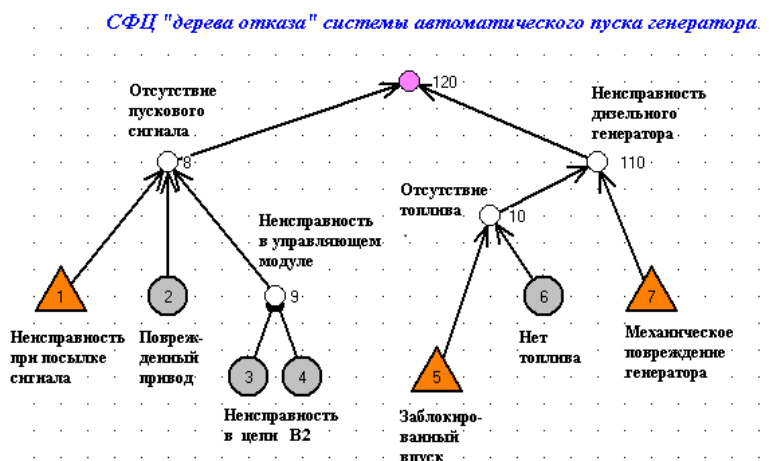



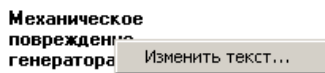
Рисунок 14 – Пример текста в СФЦ



Если в диалоге редактирования нажать кнопку  "Помнить" (см. рис.12), то при следующем вызове диалога редактирования в нем останется предыдущий текст, что можно использовать для ввода похожих или повторяющихся надписей. При отжатой кнопке "Помнить" диалог открывается без текста.

Чтобы отредактировать текст в СФЦ:


1. Наведите указатель мыши на этот текст.
2. Нажмите правую клавишу мыши. Появится контекстное меню

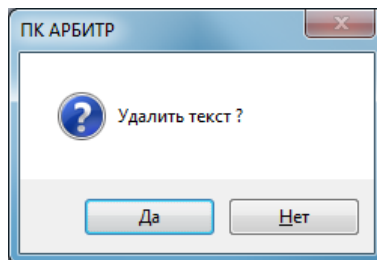


3. Выберите пункт "Изменить текст". Откроется окно диалога ввода и редактирования с выбранным текстом (см. рис.12).
4. Отредактируйте текст и нажмите "ОК". Текст в СФЦ изменится.

#### **4.3.4 Удаление пояснительного текста**


Удаление пояснительного текста осуществляется аналогично удалению вершин и ребер СФЦ (см. пункт 4.2.2):

1. Установите "Режим удаления" (нажмите кнопку  "Удалить" на панели быстрого доступа Главного окна (см. рис.2 и табл.4). Кнопка зафиксируется в нажатом положении.
2. Наведите указатель мыши на текст, который необходимо удалить.
3. Нажмите левую кнопку мыши. На экране появится диалог подтверждения удаления текста



4. Нажмите кнопку "Yes", чтобы подтвердить удаление, или "No", чтобы отменить.

#### **4.3.5 Перемещение пояснительного текста**

Отдельно сформированный текст может быть перемещен в любое место СФЦ. Для этого нажмите кнопку  "Выбор" на панели быстрого доступа Главного окна (см. рис.2). Кнопка зафиксируется в нажатом положении и установится "Режим выбора". Наведите указатель мыши на перемещаемый текст, нажмите левую клавишу мыши (выбранный фрагмент текста преобразуется в прямоугольную область) и, не отпуская, переместите указатель мыши в другое место. Отпустите клавишу мыши. Текст переместится на новое место.


#### **4.4 Работа с эквивалентированными вершинами**

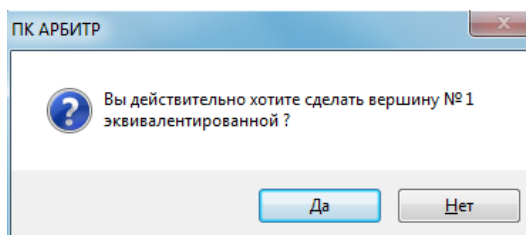
Любая функциональная вершина основного графа СФЦ может быть эквивалентированной. Это означает, что вершина является эквивалентом (подграфом) другой монотонной СФЦ. Эти подграфы СФЦ редактируются в специальном окне Комплекса.



#### 4.4.1 Создание эквивалентированной вершины в основной СФЦ

Для создания эквивалентированной вершины:

1. Установите "Режим вершины". (Нажмите кнопку  "Функциональная вершина" на панели быстрого доступа Главного окна (см. рис.2). Кнопка зафиксируется в нажатом положении.
2. Наведите указатель мыши на функциональную вершину и сделайте "двойной щелчок" (двойное нажатие левой кнопки мыши с маленьким временным интервалом между нажатиями). Появится следующий диалог подтверждения



3. Нажмите "Да", чтобы сделать вершину эквивалентированной, или "Нет" для отмены.

После подтверждения указанная вершина становится эквивалентированной и на экране появляется окно редактора подграфа СФЦ

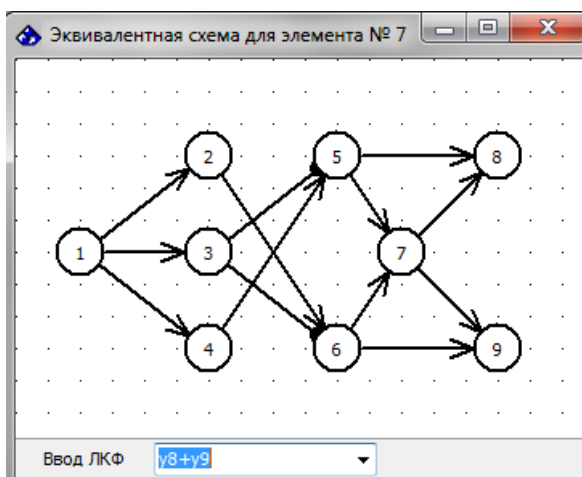


Рисунок 15 – Окно ввода подграфа эквивалентированной вершины СФЦ


Это окно состоит из трех частей:

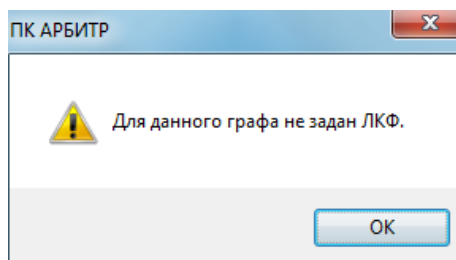
- заголовок окна, расположенный в верхней части. В заголовке высвечивается номер эквивалентированной вершины основного графа СФЦ;
- рабочая область окна редактирования подграфа СФЦ эквивалентированного элемента;
- поле ввода *логического критерия функционирования* (ЛКФ) для данного подграфа, которое находится в нижней части окна.

Ввод и редактирование подграфа (ввод функциональных и фиктивных вершин, ребер и пояснительного текста) осуществляется так же, как и в основном графе СФЦ. Здесь в полном объеме действуют правила, описанные в пунктах 4.1 - 4.3.

Для каждого подграфа СФЦ должен быть задан ЛКФ. Ввод ЛКФ осуществляется по правилам, описанным в п.7.



Чтобы закрыть окно редактора подграфа СФЦ необходимо нажать левой кнопкой мыши на кнопку  "Закрыть" в верхнем правом углу окна. Если перед закрытием окна не был введен ЛКФ для данного подграфа, то будет выдано следующее предупреждение




Эквивалентированная вершина в основном графе СФЦ обозначается треугольником



Рисунок 16 – Вид эквивалентированной вершины в основном графе СФЦ


Для просмотра и редактирования существующей эквивалентированной вершины:

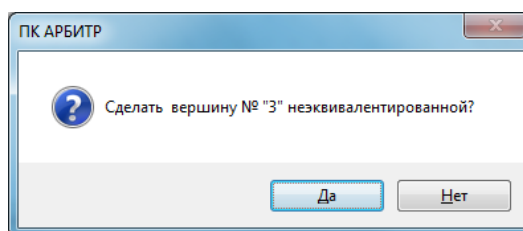
1. Установите "Режим Вершины", нажав кнопку  "Функциональная вершина" на панели кнопок быстрого доступа.
2. Наведите указатель мыши на эквивалентированную вершину.
3. Сделайте двойной щелчок левой клавишей мыши.

На экране появится окно редактора подграфа СФЦ (см. рис.15).

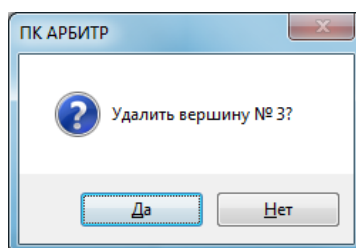
#### **4.4.2 Удаление эквивалентированной вершины**

Для удаления эквивалентированной вершины:

1. Установите "Режим удаления", нажав на кнопку  "Удалить" на панели кнопок быстрого доступа.
2. Наведите указатель мыши на эквивалентированную вершину.
3. Нажмите левую клавишу. Появится диалог подтверждения удаления эквивалентированной вершины.



4. Нажмите "Yes" для подтверждения. После этого появится диалог подтверждения удаления вершины



5. Нажмите "Yes" для подтверждения или "No" для отмены. Если отменить удаление, то останется обычная функциональная вершина (не эквивалентированная).



## 4.5 Работа с группами

ПК АРБИТР поддерживает группировку элементов схемы для установки их общих параметров. В настоящий момент поддерживается два вида группировки функциональных вершин:

1. Группы несовместных событий.
2. Группы отказов по общей причине.

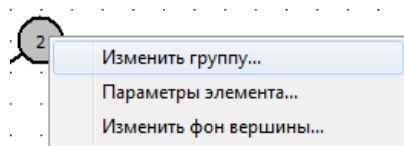
### **⚠ Внимание:**

*Для корректной работы комплекса рекомендуется группы ООП создавать в эквивалентированных вершинах. Учет групп ООП возможен только при условии построения структурной схемы исследуемой системы в виде дерева неисправностей! В противном случае расчеты будут проведены не корректно!*

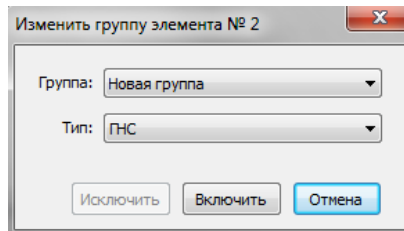
### 4.5.1 Создание группы

Для создания новой группы:

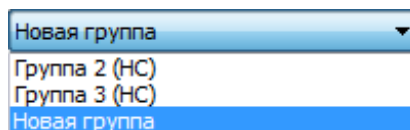
1. Наведите указатель мыши на функциональную вершину СФЦ и нажмите правую клавишу мыши. На экране появится контекстное меню.



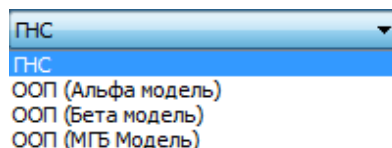
2. Выберите пункт "Изменить группу..." этого меню. На экране появится диалог изменения группы элемента.



3. Выберите в выпадающем списке "Группа" значение "Новая группа".



4. Выберите в выпадающем списке "Тип" тип группы.



5. Нажмите кнопку "Включить". В таблице параметров элементов появится новая группа с выбранным элементом.

i	$\Delta$	Pi	Toi
2		0	0
3		0	0
[-] Группа 1 (НС)			
1		0	0



#### **4.5.2 Добавление элемента в группу**

Для добавления элемента в существующую группу:

1. Вызовите диалог изменения группы, как описано в пункте 4.5.1.
2. Выберите в выпадающем списке "Группа" нужную группу.
3. Нажмите кнопку "Включить"

#### **4.5.3 Удаление элемента из группы**

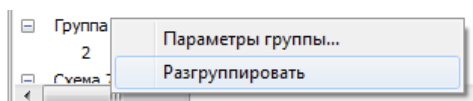
Для удаления элемента из группы:

1. Вызовите диалог изменения группы, как описано в пункте 4.5.1.
2. Нажмите кнопку "Исключить".

#### **Примечание:**

При удалении последнего элемента из группы она автоматически удаляется.

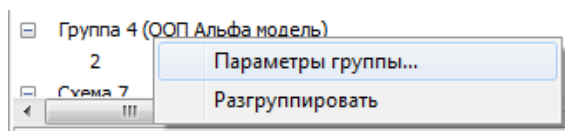
Для удаления всех элементов из группы вы можете использовать пункт "Разгруппировать" контекстного меню группы, которое можно вызвать, щелкнув правой кнопкой мыши на имени группы в таблице параметров элементов.



#### **4.5.4 Изменение параметров группы ООП**

Для изменения параметров группы ООП:

1. Наведите указатель мыши на имя группы в таблице параметров элементов и нажмите правую клавишу мыши. На экране появится контекстное меню



2. Выберите пункт "Параметры группы...". В зависимости от типа группы на экране появится диалог изменения параметров группы (ниже приведен вид диалога изменения параметров группы ООП Альфа модель).

$\alpha_1$	$\alpha_2$
0.95	0.05

Если в группу входят равнонадежные элементы, выбрать значение из выпадающего списка не надо.





3. Заполняется таблица альфа-параметров группы ООП. Если в группу входят разнонадежные элементы, необходимо выбрать, какое значение принимается за полную вероятность отказа одного элемента группы ООП. Для этого используется выпадающий список, в котором можно выбрать минимальное, максимальное, среднее или средневзвешенное (геом.среднее) значение.

$\alpha_1$	$\alpha_2$
0.95	0.05

4. Галочка справа от выпадающего списка означает, что вероятность независимого отказа элемента включена в полную вероятность отказа одного элемента группы ООП. При наведении курсора на нее появляется подсказка

Независимый отказ включен в Qt

Это означает, что после выполнения расчетов вероятность независимого отказа каждого элемента, входящего в группу ООП, будет меньше того значения, которое было задано для каждого элемента при построении СФЦ.

Если галочку снять, то вероятность независимого отказа после расчета ООП останется без изменения.

**Примечание:**

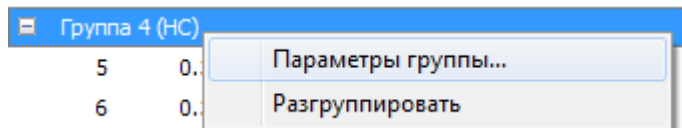
При изменении количества элементов в группе отказов по общей причине параметры группы сбрасываются.

#### **4.5.5 Изменение параметров группы несовместных событий**

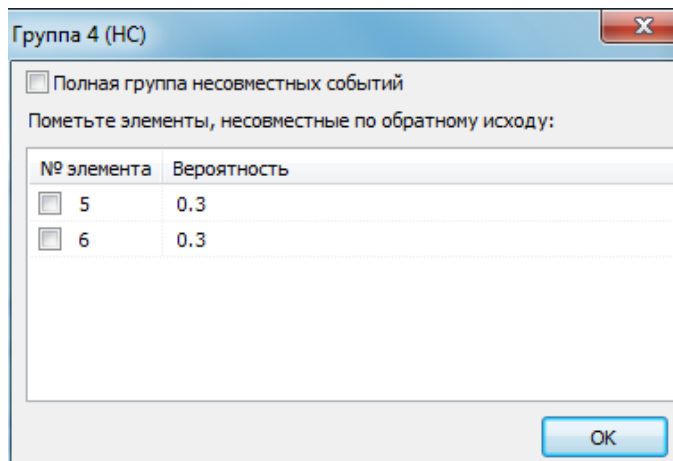
Собственные вероятности элементов группы несовместных событий (ГНС) могут быть только статическими, т.е. задаются в столбце "P<sub>i</sub>" таблицы параметров элементов. При этом должно выполняться одно условие: сумма вероятностей всех элементов, входящий в ГНС, должна быть не больше 1.0!

Для изменения параметров группы несовместных событий (ГНС):

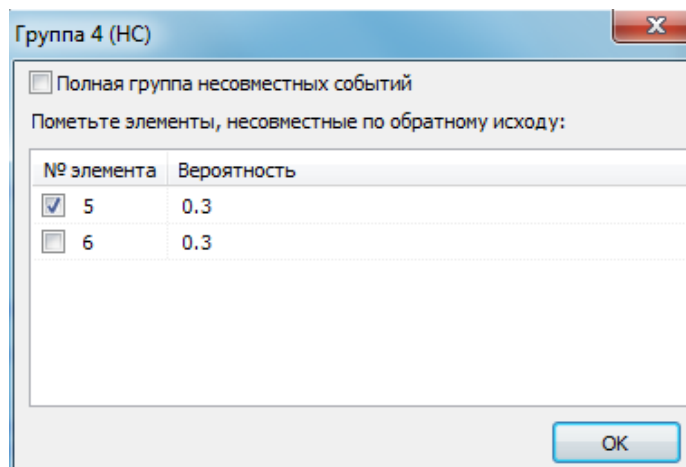
1. Наведите указатель мыши на имя группы в таблице параметров элементов и нажмите правую клавишу мыши. На экране появится контекстное меню



2. Выберите пункт "Параметры группы...". Откроется диалог изменения параметров



3. Если какой-то элемент (или несколько) входит в группу с инверсией, то необходимо отметить его галочкой (пометить элементы, несовместные по обратному исходу)



При этом надо обратить внимание, что сумма вероятностей элементов, входящих в ГНС (с учетом инверсии), должна быть не больше 1.0!

4. Если отметить галочкой "Полная группа несовместных событий", это означает, что при изменении параметра одного элемента будут пропорционально изменены параметры дгурих элементов ГНС. И только после этого рассчитана вероятностная характеристика системы.



## Ввод параметров и режимов

Рассмотрены два способа ввода и редактирования параметров элементов и установка различных режимов моделирования и расчетов.

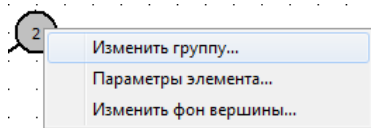
### 5 Ввод и редактирование параметров элементов

Существуют два средства для ввода и редактирования параметров элементов:

1. Диалог изменения параметров элементов
2. Таблица параметров элементов

Для вызова Диалога изменения параметров элементов:

1. Наведите указатель мыши на функциональную вершину СФЦ.
2. Нажмите правую кнопку мыши. Появится контекстное всплывающее меню



3. Выберите пункт "Параметры элемента...". На экране появится диалог ввода параметров элементов

Изменение параметров

Номер события (элемента):

Наименования: \_\_\_\_\_

События:

Исхода:

Элемента:

Вероятностные параметры:

Вероятность события:

Ср. наработка до отказа (год):

Ср. время восстановления (час):

Закон распределения элемента:

Время работы элемента [час]:

Кратность элементов:

Рис. 17. Диалоговое окно параметров элементов

Те же параметры могут быть введены с помощью таблицы, расположенной в нижней части Окна ввода параметров и режимов (см. рис.2).



i	$\Delta$	Pi	Toi	Tvi	Закон	Ti	Кратн.	Состояние	Наименование элемента
7		0	33.6	-1	1	-1	0	0	Оптический модуль связи OSM
8		0	148	-1	1	-1	0	0	Источник питания PS 307
9		0	148	-1	1	-1	0	0	Источник питания PS 307
10		0	20.6	-1	1	-1	0	0	Коммуникационный процессор CP 443-1
11		0	20.6	-1	1	-1	0	0	Коммуникационный процессор CP 443-1
12		0	150	-1	1	-1	0	0	Модуль связи
13		0	150	-1	1	-1	0	0	Модуль связи
14		0	150	-1	1	-1	0	0	Модуль связи
15		0	150	-1	1	-1	0	0	Модуль связи
16		0	14.7	-1	1	-1	0	0	Центральный процессор CPU414H-2DP
17		0	14.7	-1	1	-1	0	0	Центральный процессор CPU414H-2DP
18		0	71.5	-1	1	-1	0	0	Источник питания PS 407
19		0	71.5	-1	1	-1	0	0	Источник питания PS 407
20		0	47.6	-1	1	-1	0	0	Интерфейсный модуль IM-153-2
21		0	148	-1	1	-1	0	0	Источник питания PS 307
22		0	148	-1	1	-1	0	0	Источник питания PS 307
77		0	33.6	-1	1	-1	0	0	Оптический модуль связи OSM
520		0	47.6	-1	1	-1	0	0	Интерфейсный модуль IM-153-2

Если таблица скрыта, то получить к ней доступ можно, изменив размер рабочего поля редактора, как это описано в пункте 2.5.

Таблица 5 – Назначение параметров элементов

Параметр	Назначение
i	номер события (элемента)
Pi	статическая вероятность реализации исхода бинарного события, представленного в СФЦ вершиной
Toi	средняя наработка до отказа элемента системы в годах
Tvi	среднее время восстановления элемента системы в часах <input type="checkbox"/> код "-1" означает, что элемент невосстанавливаемый
Закон	в данной версии ПК АСМ используются следующие коды: в режиме "Вероятностно-временной расчет" <input type="checkbox"/> "0" - в расчетах используются значения статических вероятностей, указанные в столбце "Pi" <input type="checkbox"/> "1" - в расчетах используется экспоненциальный закон распределения времени безотказной работы элемента с параметрами, указанными в столбцах "Toi" и "Tvi" в режиме "Приближенный расчет" с включенным признаком "Учет типов отказов" <input type="checkbox"/> "800" - отказ на требование <input type="checkbox"/> "801" - отказ в режиме работы <input type="checkbox"/> "802" - отказ в режиме ожидания
Ti	собственное время работы элемента (собственная наработка) в часах; код "-1" означает, что наработка элемента принимается равной заданной наработке всей системы или время периодичности проверок элементов - если выбран закон 802
Кратн.	коэффициент кратности элемента: <input type="checkbox"/> "0" - означает, что кратность у элемента отсутствует <input type="checkbox"/> целое положительное число "+n" - означает, что элемент является подсистемой, состоящей из "n" однотипных элементов с заданными параметрами и работающими по логике "И" (конъюнктивная кратность) <input type="checkbox"/> целое отрицательное число "-n" - означает, что элемент является подсистемой, состоящей из "n" однотипных элементов с заданными параметрами и работающими по логике "ИЛИ" (дизъюнктивная кратность)
Наименование события	Заготовка для использования в отчете
Наименование исхода	Заготовка для использования в отчете
Наименование элемента	Содержит название элемента (название элемента может быть использовано вместо схемных номеров при выводе логической функции)



## 6 Установка режимов моделирования

Перед началом моделирования и расчетов необходимо задать параметры моделирования и расчетов, которые сгруппированы на панели, расположенной в верхней части Окна ввода параметров и режимов (см. рис.2).

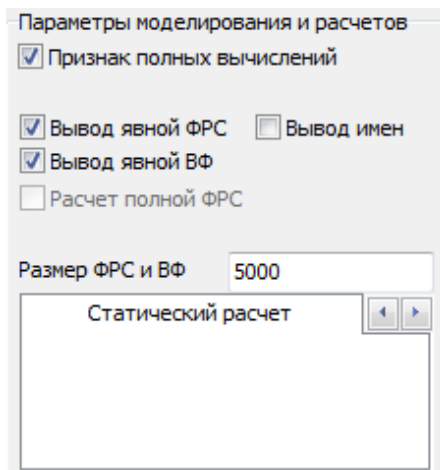


Рисунок 18 – Панель ввода параметров моделирования и расчетов

В следующей таблице описаны названия и назначение параметров и соответствующих им управляющих элементов панели.

Название	Назначение
Признак полных вычислений	<i>включен</i> - выполняются расчеты общесистемных показателей надежности и безопасности (статической вероятности реализации критерия, вероятности безотказной работы или коэффициента готовности), а также определяются дополнительные характеристики - значимости и вклады всех элементов, средняя наработка на отказ и среднее время восстановления исследуемой системы <i>выключен</i> - дополнительные характеристики не вычисляются
Вывод явной ФРС	<i>включен</i> - добавляет в отчет вывод явной логической функции работоспособности системы (ФРС) в дизъюнктивной нормальной форме своего представления (перечень кратчайших путей успешного функционирования, минимальных сечений отказов или их комбинаций) <i>выключен</i> - добавляет в отчет только размер ФРС (число конъюнкций)
Вывод явной ВФ	<i>включен</i> - добавляет в отчет вывод вероятностной функции (ВФ) системы в форме многочлена <i>выключен</i> - добавляет в отчет только размер ВФ (число одночленов)
Вывод имен	<i>включен</i> - выводит название элемента вместо схемного номера в логической функции (доступно только при включенном выводе ФРС)
Расчет полной ФРС	Доступен только при открытой странице "Приближенный расчет" <i>включен</i> - выполняется преобразование декомпозированной вероятностной функции в развернутую вероятностную функцию (ВФ) <i>выключен</i> - преобразование декомпозированной ВФ в развернутую ВФ не производится
Размер ФРС и ВФ	В данное окно записывается числовое значение максимально допустимого размера формируемой логической и вероятностной функций (по умолчанию устанавливается значение 5000)

Моделирование и расчет выполняются по одному критерию (выбранному в качестве текущего).

В нижней части панели параметров моделирования и расчетов расположен циклический переключатель режимов расчета. Нажимая на кнопки со стрелочками вправо и влево, можно выбрать требуемый режим расчетов с указанием дополнительных параметров выбранного режима.



В следующей таблице описаны возможные режимы расчетов:

Режим расчетов	Описание
	<p>Вычисления проводятся только на основе параметров <math>P_i</math> – заданных статических вероятностей реализации исходов бинарных событий, представленных в СФЦ функциональными вершинами. График вероятности безотказной работы системы не строится.</p>
	<p>Вычисления проводятся на основе следующих заданных параметров:  <math>T_{oi}</math> – средних наработок до отказа элементов системы в годах;  <math>T_{vi}</math> – средних времен восстановления элементов системы в часах;  <math>T_o</math> – общей наработки системы в часах.</p> <p>Строятся графики вероятности безотказной работы, отказа или коэффициента готовности системы.</p> <p>Учитывать время работы элементов имеет смысл, только если система восстанавливаемая, т.е. включать признак "Учет времени работы элементов" надо только при включенном признаке "Учет времени восстановления".</p>
	<p>Выполняется расчет приближенных значений вероятностных характеристик системы на основе усеченной ("Отсечка" включена) или полной ("Отсечка" выключена) монотонной логической ФРС, представляющей минимальные сечения отказов без учета ("Учет типов отказов" выключен) или с учетом ("Учет типов отказов" включен) трех типов отказов элементов.</p> <p>График вероятности безотказной работы системы не строится.</p>

В следующей таблице приведены параметры трех типов расчета:

Параметр	Описание
<b>Параметры вероятностно-временного расчета</b>	
Наработка системы	время работы всей системы (наработка системы) в часах, по умолчанию равно 8760 часам (1 году наработки)
Учет времени работы элементов	<i>включен</i> - при выполнении вероятностно-временных расчетов учитываются заданные собственные времена работы элементов $T_{vi}$ , которые меньше наработки системы
	<i>выключен</i> - при выполнении вероятностно-временных расчетов собственные времена работы элементов не учитываются
Учет времени восстановления	<i>включен</i> - система восстанавливаемая
	<i>выключен</i> - система невосстанавливаемая
<b>Параметры приближенного расчета</b>	
Учет типов отказов	<i>включен</i> - выполняются приближенные расчеты вероятностных характеристик элементов, минимальных сечений отказов и реализации вершинного события с помощью специальных методов, разработанных в ОКБМ им. И.И.Африкантова и реализованных в аттестованном ПК "CRISS 4.0"
	<i>выключен</i> - при выполнении приближенных расчетов вероятностных характеристик элементов типы отказов не учитываются
Отсечка	<i>Меньше</i> - задается вероятностный критерий отсева (отсечки) МСО для построения усеченной монотонной логической ФРС, содержащей только конъюнкции МСО, вероятности реализации которых меньше указанного в критерии значения
	<i>Нет</i> - усечение ФРС не производится



## Моделирование и просмотр результатов

Для выполнения моделирования и расчета показателей надежности и безопасности системы необходимо задать логический критерий функционирования (ЛКФ).

### 7 Ввод и редактирование ЛКФ системы

Логический критерий (критерии) функционирования вводится в таблице критериев (см. рис.2).

Ввод осуществляется по следующим правилам:

- все ЛКФ записываются в дизъюнктивной нормальной форме (т.е. без использования круглых скобок);
- перед номером интегративной функции, входящей в состав ЛКФ, должна стоять прописная латинская буква "y", например, "y63";
- если в ЛКФ вводятся несколько интегративных функций, то в случае конъюнктивной связи они записываются подряд без пробела, например, "y63y85". При наличии дизъюнктивных связей все операции дизъюнкции обозначаются знаком "+", например, "y63+y85";
- если необходимо задать инверсный критерий, то после буквы "y" необходимо поставить одну кавычку, например, "Y"63";
- если требуется ввести сразу несколько ЛКФ, то чтобы добавить еще один критерий выберите последнюю строку в таблице (рис.19) и нажмите стрелку вниз. В появившейся строке впишите новый критерий. Чтобы удалить выбранный критерий нажмите клавишу DEL.

Параметр "Ущерб" доступен только при включенном режиме Расчета риска рис.18. Ущерб задается в условных единицах и должен быть нормирован.

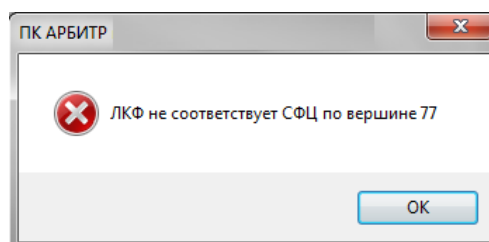
Если Расчет риска выключен, то моделирование и расчет производится только для выбранного критерия. Расчет и моделирование подграфа производится по одному (выделенному в таблице) ЛКФ.

Критерий
y30
y100
y70

Рисунок 19 – Таблица ЛКФ

#### **Примечание:**

Если введенный в ЛКФ номер интегративной функции не соответствует ни одной из вершин СФЦ, то выдается следующее предупреждение:



Если в ЛКФ указана размноженная вершина, выдается следующее предупреждение

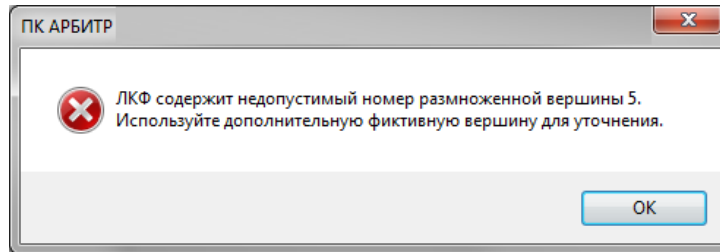


Рисунок 20 – Сообщения о неправильном вводе ЛКФ

## **8 Автоматизированное моделирование и расчет**

Автоматизированное моделирование и расчет показателей надежности и безопасности системы можно начинать только после ввода СФЦ, параметров элементов, задания режимов моделирования и записи логического критерия функционирования системы. Моделирование запускается нажатием кнопки ⚡ "Моделирование и расчет", расположенной на панели кнопок быстрого доступа Главного окна (см. рис.2). В процессе моделирования выполняется автоматическое построение логической функции работоспособности системы (реализации заданного ЛКФ). Процесс логического моделирования можно наблюдать по изменению значений счетчика числа конъюнкций формируемой ФРС и ВФ, отображаемом в отдельном окне

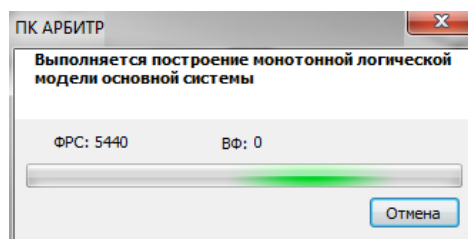
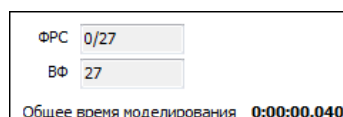


Рисунок 21 – Счетчики размеров формируемых моделей

Поскольку время моделирования зависит от сложности системы и в некоторых случаях может быть достаточно длительным, процесс моделирования может быть прерван нажатием кнопки "Отмена"

После окончания процесса построения логической ФРС Комплекс автоматически приступает к построению многочлена вероятностной функции. Размер формируемой ВФ высвечивается в том же окне. После завершения процессов моделирования окно автоматически закрывается. После этого Комплекс переходит к выполнению расчетов показателей надежности и безопасности исследуемой системы в целом.

Размер построенных функций и общее время моделирования выводятся в верхней части Окна вывода результатов моделирования и расчетов (см. рис.2).







## 9 Просмотр результатов моделирования

На экране дисплея основные результаты моделирования и расчетов размещаются в специальном Окне вывода результатов моделирования и расчетов (см. рис.2). Для удобства просмотра отчета можно уменьшить размер рабочего поля редактора СФЦ, как это описано в пункте 2.5.

В окне вывода результатов моделирования и расчетов представляется следующая информация:

- данные о размерах сформированных ФРС и ВФ, которые фиксируются в окнах соответствующих счетчиков (см. рис.21);
- общесистемные вероятностные характеристики надежности и безопасности, которые высвечиваются в верхней части Окна вывода результатов моделирования и расчетов;
- страница "Диаграммы", на которой размещены окна вывода диаграмм значимостей, положительных и отрицательных вкладов элементов (см. рис.22) и графиков вероятностно-временных характеристик надежности системы (см. рис.23);
- страница "Отчет", на которую выводится текст файла RezAcm.lst сохранения результатов автоматизированного моделирования и расчетов (см. рис.24).

### 9.1 Просмотр диаграмм значимостей и вкладов элементов

Общий вид окна вывода диаграмм значимостей и вкладов приведен на рис.22. По умолчанию сначала выводится диаграмма положительных вкладов элементов. Для просмотра других диаграмм необходимо нажать соответствующую кнопку управления видом диаграммы.

Поле масштабирования диаграмм рис.22 предназначено для записи минимального абсолютного значения показателя роли элемента, который выводится на экран дисплея. Это позволяет исключить из диаграммы малозначачие столбцы и сделать ее более информативной.

Флаг "Элементы подсхем" позволяет посмотреть значимости элементов эквивалентированных подсхем. Номера элементов подсхем пишутся через точку (например, 1.2 обозначает элемент 2 подсхемы 1).

Диаграммы и графики результатов моделирования и расчетов



Рисунок 22 – Диаграмма положительных вкладов элементов

Следует помнить, что диаграммы значимостей и вкладов выводятся на экран дисплея только при включенном переключателе "Признак полных вычислений" (см. рис.18). В противном случае окно диаграммы значимостей и вкладов не формируется.



## 9.2 Просмотр графиков вероятно-временных характеристик

Общий вид окна вывода вероятностно-временных графиков приведен на рис.23.



Рисунок 23 – График вероятности безотказной работы системы

В зависимости от заданного режима вычислений в окне вывода могут отображаться графики вероятности безотказной работы невосстанавливаемой системы, функции готовности и вероятности первого отказа восстанавливаемой системы и вероятности готовности смешанной системы.

## 9.3 Просмотр отчета о результатах моделирования и расчетов

Отчет о результатах моделирования и расчетов сохраняется в файле RezAcsm.lst в каталоге текущей СФЦ. Для его просмотра необходимо выбрать закладку "Отчет", расположенную в верхней части окна результатов (см. рис.2). После этого на экране появляется текст отчета, примерный вид которого представлен на рис.24.

Пример 5.1. Определение минимальных пропускных сочетаний (минимальных сечений отказов) заправочной операции

i	Pi	Toi
1	0,0005	0
2	1E-5	0
3	0,0001	0
4	0,0002	0
5	0,0003	0
6	0,0002	0
7	0,005	0
8	0,001	0
9	0,001	0
10	0,004	0
11	1E-5	0
12	1E-5	0
13	1E-5	0

==== Результаты моделирования всей системы:====  
Параметры СФЦ:  
Число вершин - N=24  
Число элементов - H=13  
Логический критерий функционирования  
Yc= y23  
Логическая ФРС содержит 27/27 комбинаций

N кон.	Ркон.	Знач кон.	Сумм. знач.	ФРС
1	1.0000E-005	3.4620E-001	3.4620E-001	X13
2	1.0000E-005	3.4620E-001	6.9240E-001	X12
3	2.5000E-006	8.6550E-002	7.7895E-001	X1 X7
4	2.0000E-006	6.9240E-002	8.4819E-001	X1 X10
5	1.0000E-006	3.4620E-002	8.9281E-001	X4 X7
6	8.0000E-007	2.7696E-002	9.1050E-001	X4 X10
7	5.0000E-007	1.7310E-002	9.2781E-001	X3 X7
8	5.0000E-007	1.7310E-002	9.4512E-001	X1 X9
9	5.0000E-007	1.7310E-002	9.6243E-001	X1 X8

Рисунок 24 – Фрагмент текстового отчета о результатах моделирования

При решении высокоразмерных задач моделирования файл результатов может не поместиться в окно выдачи отчета. Тогда его можно просмотреть и использовать отдельно от ПК АРБИТР, с помощью другого текстового редактора.



## Пример решения задачи с помощью ПК АРБИТР

В качестве заключительного примера рассмотрим последовательность основных действий по подготовке и использованию ПК АРБИТР для автоматизированного моделирования и расчета показателей опасности и безопасности АСУТП выполнения заправочной операции, описанной в РД 03-418-01 "Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов" Госгортехнадзора РФ.

### 10 Подготовительный этап

Исходными данными для постановки этой задачи являются [РД 03-418-01]:

- описание "Дерева отказов" заправочной операции;
- заданные вероятности исходных событий.

Эти данные приведены на рис.25 и в табл.6.

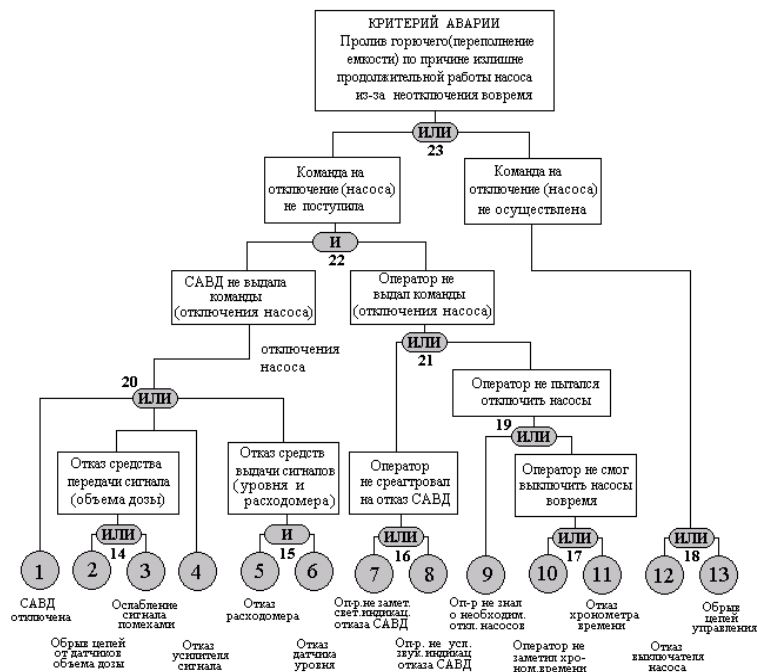


Рисунок 25 – Дерево отказа заправочной операции

Таблица 6 – Исходные события дерева отказов заправочной станции

№	Описание события	Pi
1	Система автоматической выдачи дозы (САВД) оказалась отключенной (ошибка контроля исходного положения)	0,0005
2	Обрыв цепей передачи сигнала от датчиков объема дозы	0,00001
3	Ослабления сигнала выдачи дозы помехами (нерасчетное внешнее воздействие)	0,0001
4	Отказ усилителя-преобразователя сигнала выдачи дозы	0,0002
5	Отказ расходомера	0,0003
6	Отказ датчика уровня	0,0002
7	Оператор не заметил световой индикации о неисправности САВД (ошибка оператора)	0,005
8	Оператор не услышал звуковой сигнализации об отказе САВД (ошибка оператора)	0,001
9	Оператор не знал о необходимости отключения насоса по истечении заданного времени	0,001
10	Оператор не заметил индикации хронометра об истечении установленного времени заправки	0,004
11	Отказ хронометра	0,00001
12	Отказ автоматического выключателя электропривода насоса	0,00001
13	Обрыв цепей управления приводом насоса	0,00001



Для применения ПК АРБИТР, на основе дерева отказов (см. рис.25) подготавливается СФЦ АСУТП заправочной операции. Подготовленная СФЦ изображена на рис.26.

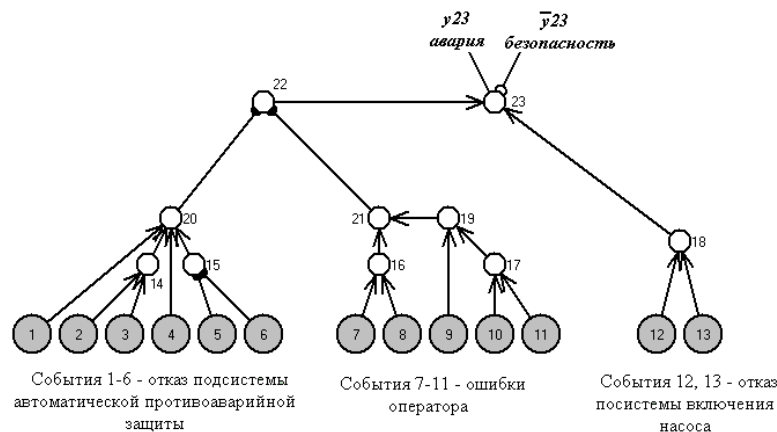


Рисунок 26 – СФЦ аварии заправочной операции

Эта СФЦ подобна исходному дереву отказов, что делает постановку задач данного класса в ПК АРБИТР не сложнее традиционной технологии деревьев отказов.

Для расчета вероятности возникновения аварии в процессе заправочной операции задается логический критерий возникновения аварии:  $Y_{\text{аварии}}=y_{23}$ .

Вероятностные параметры безотказности элементов и свершения исходных событий указаны в табл.6. Таким образом, все исходные данные для использования ПК АРБИТР подготовлены.

## 11 Ввод исходных данных

На этом этапе выполняются следующие основные действия:

1. С помощью ярлыка (см. п.2.4) производится включение ПК АРБИТР.
2. Нажатием кнопки "Новая СФЦ" (см. рис.8) открывается новое рабочее поле Окна ввода СФЦ.
3. На рабочем поле редактора СФЦ осуществляется построение графа СФЦ, изображенного на рис.26.
4. В столбец  $P_i$  таблицы параметров, расположенной в Окне ввода параметров и режимов, записываются вероятности событий модели заправочной операции, указанные в третьем столбце табл.6.
5. На панели ввода параметров моделирования и расчетов (см. рис.18) включаются переключатели: "Статические расчеты", "Вывод явной ФРС" и "Вывод явной ВФ".



## 12 Моделирование и просмотр результатов

После подготовки и ввода исходных данных задачи анализа безопасности заправочной операции, автоматизированное структурно-логическое моделирование и расчет в ПК АРБИТР включаются кнопкой "Моделирование и расчет", расположенной на панели быстрого доступа Главного окна (см. рис.2 и рис.27).

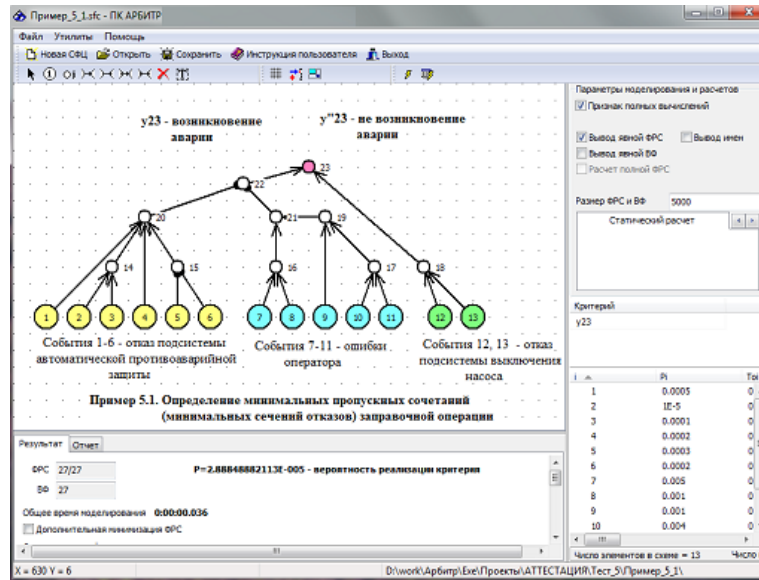


Рисунок 27 – Ввод исходных данных

После решения рассматриваемой задачи в Окне вывода результатов моделирования и расчетов высвечиваются данные, приведенные на рис.28.

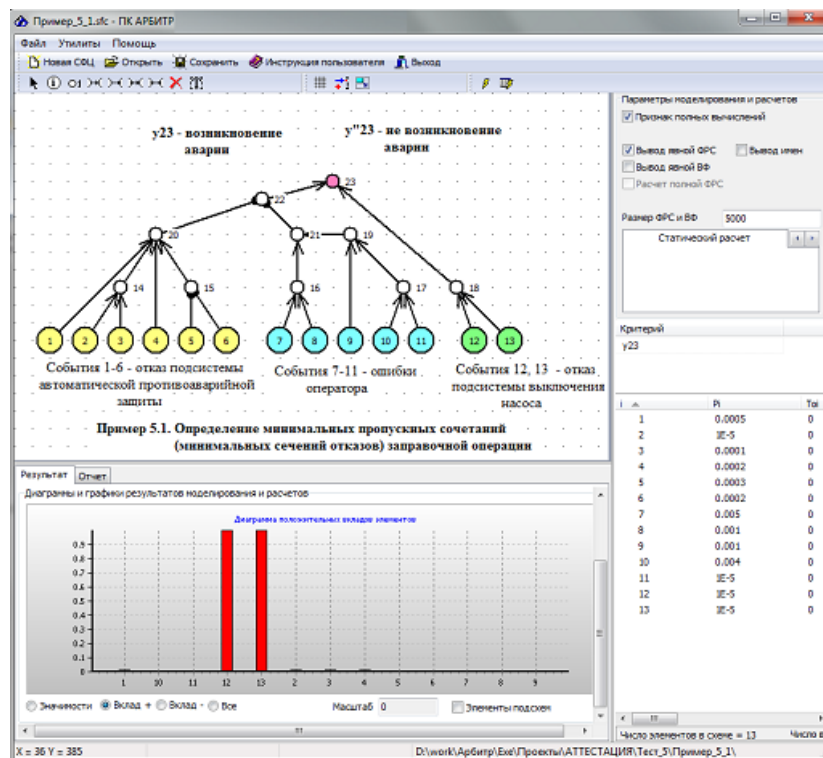


Рисунок 28 – Результаты автоматизированного моделирования и расчетов

В результате выполненного автоматизированного моделирования и расчетов получены следующие показатели безопасности рассматриваемой заправочной операции:



1. вероятность возникновения аварии составляет **0.0000289**;
2. из диаграммы значимостей видно, что наиболее опасными являются отказы элементов **12** и **13** подсистемы управления насосом;
3. число минимальных сечений отказов элементов (минимальных пропускных сочетаний) составило **27** комбинаций;
4. размерность полученного в ПК АРБИТР расчетного многочлена вероятностной функции составила **27** слагаемых.

Явный вид логической ФРС и многочлена ВФ можно получить, открыв страницу с помощью закладки "Отчет".  
Фрагмент текста Отчета с распечаткой многочлена вероятностной функции показан на рис.29.

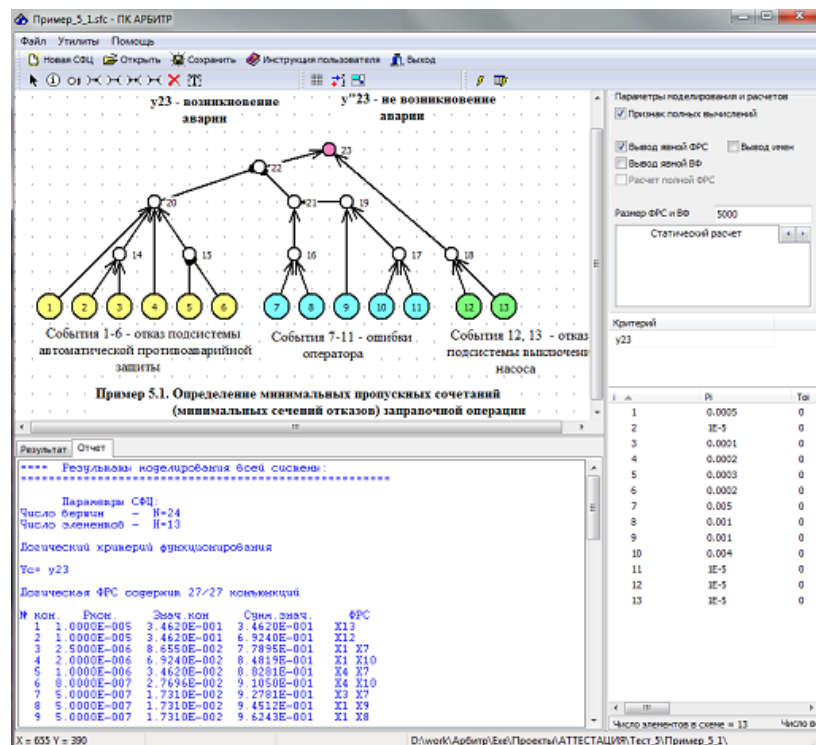


Рисунок 29 – Фрагмент отчета о результатах вероятностного моделирования

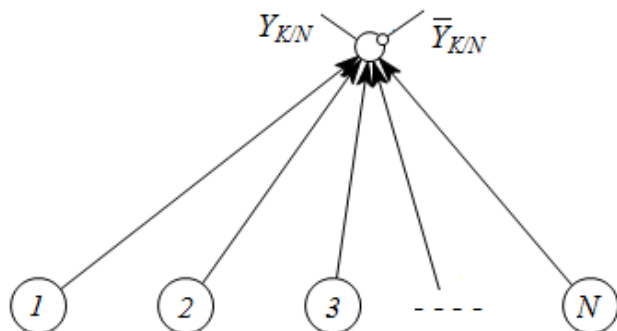
Отчет в целом содержит полную информацию о результатах построения логических и вероятностных моделей и выполненных расчетах вероятностных показателей надежности и/или безопасности исследуемой системы и ее эквивалентированных подсистем.



## Утилиты расчета вероятностей базовых событий групп элементов

В данном разделе описаны утилиты расчета вероятностей базовых событий групп элементов.

Методы расчета К из N применяются для расчета надежности головных комбинаторных подсистем. Изображение СФЦ головной комбинаторной подсистемы представлено на следующем рисунке.



Головные комбинаторные подсистемы характеризуются следующими свойствами:

- все элементы комбинаторной подсистемы являются головными, т.е. не имеют структурного обеспечения условий своего функционирования;
- все элементы комбинаторной подсистемы являются неповторяющимися, т.е. не используются в других частях проектируемой системы;
- процессы отказов и восстановлений элементов подсистемы являются независимыми в совокупности.

Головные комбинаторные подсистемы могут быть:

- однородными - когда все составляющие подсистему элементы являются однотипными, т.е. имеют одинаковые значения собственных параметров надежности;
- неоднородными - когда все составляющие подсистему элементы являются разнотипными, т.е. имеют различные значения собственных параметров надежности.

В ПК АРБИТР реализовано 2 способа учета отказов по общей причине (ООП) - структурный и автоматический.

**Методика структурного способа учета групп элементов ООП исследуемых систем включает в себя следующие действия:**

1. Разрабатывается СФЦ исследуемой системы.
2. Разрабатывается СФЦ деревьев ООП для выделенных групп элементов.
3. Указанные 2 вида СФЦ объединяются в общую СФЦ, которая вводится в ПК АРБИТР.
4. Вводятся параметры элементов системы, не входящие в группы ООП (см. п.5).
5. С помощью утилиты "Расчет вероятностей отказов по общей причине" вычисляются и вводятся в ПК АРБИТР собственные вероятности базовых событий выбранной типовой модели ООП.
6. Задается ЛКФ системы и включается режим "Моделирование и расчет".

### Примечание:

Структурный (ручной) способ учета групп элементов ООП целесообразно применять только в случае, если в группу входит не больше трех элементов.



**Методика автоматического учета групп элементов ООП включает в себя следующие основные действия:**

1. Разрабатывается СФЦ исследуемой системы.
2. Если разработанная СФЦ представляет дерево отказов, в котором все функциональные вершины представляют базисные события отказов элементов, то далее она используется без изменений.
3. Если разработанная СФЦ представляет структуру безотказности системы (например, блок-схему), в которой функциональные вершины представляют события безотказной работы элементов, то для автоматического учета ООП требуется ее корректировка, которая заключается в следующем:
  - выделяются функциональные вершины, которые входят в группы ООП;
  - в СФЦ они заменяются головными вершинами, представляющими отказы соответствующих элементов;
  - в исходной СФЦ безотказности системы они вводятся с помощью инверсных конъюнктивных связей с вспомогательными фиктивными вершинами.
4. После загрузки СФЦ в ПК АРБИТР все элементы ООП группируются и им задаются соответствующие параметры. Правила формирования групп и ввода параметров ООП описаны в п.4.5.
5. В ПК АРБИТР вводятся параметры элементов, не входящих в группы ООП, задается ЛКФ системы и включается кнопка "Моделирование и расчет".

**⚠ Внимание:** если вводится группа ООП, то собственные вероятностные параметры элементов, входящих в группу ООП, не учитываются!

*Более подробно с методиками и примерами учета групп элементов ООП можно ознакомиться в "Отчете о верификации"*





### 13 Расчета К из N. Метод агрегирования

Процедура Расчета К из N методом агрегирования предназначена для расчета типовых вероятностных характеристик однородной комбинаторной подсистемы K/N (К из N), состоящей из N однотипных элементов. На рис.30 изображено диалоговое окно этой вспомогательной утилиты.

Рисунок 30 – Окно утилиты расчетов характеристик К из N методом агрегирования

Исходными данными для расчета являются:

Параметр	Описание
Статические расчеты	вычислять, используя только статические вероятности реализации исходов бинарных событий
Вер.врем. расчеты	вычислять, используя вероятностные параметры надежности элементов однородной комбинаторной группы
Учесть восстановление	учитывать среднее время восстановления элементов восстанавливаемой комбинаторной системы
ИНВЕРСИЯ	выполняются вычисления прямых (выключено) или обратных (включено) вероятностных характеристик надежности исследуемой комбинаторной подсистемы
N	общее число элементов комбинаторной подсистемы
K	число элементов из N, безотказность или отказ которых определяют безотказность или отказ всей подсистемы
$p_i$	статическая вероятность элементов однородной комбинаторной группы
$Toi^1$	средняя наработка до отказа элемента в годах
$t^1$	наработка невосстанавливаемой комбинаторной системы в часах
$Tvi^2$	среднее время восстановления элемента восстанавливаемой комбинаторной системы в часах

**Примечание:**

<sup>1</sup> Используется только при вероятностно-временных расчетах.

<sup>2</sup> Используется только при расчете восстанавливаемой системы.



Результаты вычислений:

Название	Описание
PKN	статическая вероятность, вероятность безотказной работы или отказа, коэффициент готовности или не готовности не менее K элементов из N комбинаторной подсистемы
ToKN	значение средней наработки до отказа, средней наработки на отказ
TbKN	значение среднего времени восстановления, значимостей ZNi, положительного В+ и отрицательного В- вкладов элементов системы

Указанные выше характеристики вычисляются утилитой агрегирования для двух случаев: не менее K из N (результаты выводятся на зеленые поля) и ровно K из N (результаты выводятся на желтые поля рабочей панели).

В нижней части рабочей панели утилиты агрегирования размещены окна вывода результатов расчетов, выполненные по формулам и методикам, приведенным в технической документации ПК Risk Spectrum (см. рис.30 нижняя часть рабочей панели).

На рис.30 приведены результаты статических расчетов утилитой агрегирования характеристик комбинаторной подсистемы 3/4 (элементы А, В, С, и D). При  $P(A)=P(B)=P(C)=P(D)=P_i=0.01$  результаты решения этого примера утилитой агрегирования ПК АРБИТР составили:

- $P_{K/N}=3.97E-6$  (расчет точного значения);
- $P_{(TOP1)}=4E-6$  (аппроксимация 1-го порядка);
- $P_{(TOP2)}=3.94E-6$  (аппроксимация 2-го порядка);
- $P_{(TOP3)}=3.98E-6$  (аппроксимация 3-го порядка);
- $P_{(MIN TOP)}=3.9999940000408E-6$  (минимальная верхняя граница сечения).

Расчетная утилита агрегирования позволяет выполнять точные и приближенные (по методике Risk Spectrum) вычисления прямых и обратных вероятностных характеристик высокоразмерных (до  $N=30$ ) односвязных однородных комбинаторных подсистем во всем диапазоне значений вероятностных параметров элементов  $0 \leq P_i \leq 1$ .



## 14 Расчет К из N. Метод формирования комбинаций

Процедура расчета К из N методом формирования комбинаций предназначена для расчета типовых вероятностных характеристик К/Н (К из N) неоднородной комбинаторной подсистемы, состоящей из N однотипных или разнотипных элементов. На рис.31 изображено диалоговое окно утилиты.

Рисунок 31 – Окно параметров расчета К из N методом формирования комбинаций

Исходными данными для расчета являются:

Параметр	Описание
Ст.	вычислять, используя только статические вероятности реализации исходов бинарных событий
N-восст.	вычислять, используя вероятностные параметры каждого из элементов $i=1,2,3,..,N$ неоднородной комбинаторной подсистемы
Восст.	учитывать среднее время восстановления элементов восстанавливаемой комбинаторной системы
ИНВЕРСИЯ	выполняются вычисления прямых (выключено) или обратных (включено) вероятностных характеристик надежности исследуемой комбинаторной подсистемы
N	общее число элементов комбинаторной подсистемы
K	число элементов из N, безотказность или отказ которых определяют безотказность или отказ всей подсистемы
$p_i$	статическая вероятность элементов однородной комбинаторной группы
$To_i^1$	средняя наработка до отказа элемента в годах
$t^1$	наработка невосстанавливаемой комбинаторной системы в часах
$Tv_i^2$	среднее время восстановления элемента восстанавливаемой комбинаторной системы в часах

**Примечание:**

<sup>1</sup> Используется только при вероятностно-временных расчетах.

<sup>2</sup> Используется только при расчете восстанавливаемой системы.

После ввода указанных исходных данных и нажатия кнопки "Выполнить" утилита осуществляет автоматическое построение всех прямых или инверсных комбинаторных комбинаций К/Н, производит расчеты и выводит на рабочую панель значения следующих вероятностных характеристик исследуемой комбинаторной подсистемы (см. рис.31):



- Количество комбинаций ровно  $K/N$ ;
- Точная вероятность  $P_{kn}$  безотказности или отказа не менее  $K$  элементов из  $N$  (статическая вероятность, вероятность безотказной работы невосстанавливаемой и коэффициент готовности восстанавливаемой комбинаторной системы);
- Приближенный расчет  $P_{kn}$  по методике вычисления в ПК Risk Spectrum минимальной верхней границы сечения;
- Значения соответствующих значимостей и вкладов каждого элемента неоднородной комбинаторной системы;
- Среднюю наработку до отказа невосстанавливаемой комбинаторной системы;
- Среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления и вероятность отказа восстанавливаемой комбинаторной системы.

Указанные выше характеристики вычисляются утилитой агрегирования для двух случаев: не менее  $K$  из  $N$  (результаты выводятся на зеленые поля) и ровно  $K$  из  $N$  (результаты выводятся на желтые поля рабочей панели).

При включение признака "Открыть окно" на экран выводятся все формируемые утилитой прямые или инверсные комбинации  $K/N$  исследуемой комбинаторной системы.

На рис.31 приведены результаты статических расчетов утилитой формирования комбинаций ПК АРБИТР еще одного примера из технической документации на ПК Risk Spectrum. Требуется вычислить вероятность  $P_{3/4}$  однородной комбинаторной подсистемы  $3/4$  для  $P(A)=P(B)=P(C)=P(D)=P_i=0.5$ . Вычисленные утилитой формирования комбинаций значения этого показателя составили:

- точный результат  $P_{K/N}=0.3125$ ;
- приближенный результат  $P_{(MIN TOP)}=0.4138$  (минимальная верхняя граница сечения).

Утилиты формирования комбинаций и агрегирования позволяют находить точные и приближенные (по методике Risk Spectrum) значения характеристик высокоразмерных однородных и неоднородных комбинаторных подсистем во всем диапазоне значений вероятностных параметров ее элементов  $0 \leq P_i \leq 1$ .



## 15 Расчет вероятностей отказов по общей причине

Процедура расчета вероятностей отказов по общей причине предназначена для расчета вероятностных параметров базовых событий групповых отказов элементов по общей причине для трех типовых моделей:

- Бета-фактора;
- Множественных греческих букв;
- Альфа-фактора.

На рис.32 изображено диалоговое окно утилиты расчета вероятностей базовых событий ООП.

$\alpha_1$	$\alpha_2$
0.95	0.05

Фактор 1.05

Вычислить

Вероятности  $Q_k$  базовых событий ООП :

k	$N_k=k/n$	$Q_k$
1	2	0.452380952380952
2	1	0.0476190476190476

Рисунок 32 – Окно утилиты расчета параметров типовых моделей ООП

На рис.32 приведены результаты расчета вероятностей одиночных и парного отказов группы из двух элементов по общей причине для типовой модели Альфа-фактора.



## **Литература**

1. Можаяев А.С. Аннотация программного средства "АРБИТР" (ПК АСМ СЗМА) // Научно-технический сборник "Вопросы атомной науки и техники". Серия "Физика ядерных реакторов". Раздел "Аннотации программных средств, аттестованных Ростехнадзором РФ", Выпуск 2/2008 г. М. : РНЦ "Курчатовский институт", 2008, С.105–116.
2. Можаяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности сложных систем. Уч.пос. Л.: ВМА, 1988, 68 с.
3. Можаяев А.С., Громов В.Н. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. СПб. ВИТУ, 2000, 145 с.
4. Поленин В.И., Рябинин И.А., Свирин С.К. Гладкова И.А. Применение общего логико-вероятностного метода для анализа технических, военных организационно-функциональных систем и вооруженного противоборства. Монография, под ред. проф. А.С.Можаяева. – СПб.: НИКА, 2011, 410 с.
5. Аттестационный паспорт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) РФ № 424 от 15 июня 2017 г.
6. Свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660507 от 22 сентября 2017 г.
7. Изменение в свидетельстве о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017660507 от 13 октября 2022 г.
8. ГОСТ Р 27.101–2021 Надежность в технике. Надежность выполнения задания и управление непрерывной деятельностью. Термины и определения. М.: ФГБУ "РСТ", 2021, 16 с.
9. ГОСТ Р 27.102–2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. М.: ФГБУ "РСТ", 2021, 36 с.
10. ГОСТ 27.301–95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М.: Стандартиформ, 2013, 15 с.
11. ГОСТ Р 27.302–2009. Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей. М.: Стандартиформ, 2012, 22 с.
12. ГОСТ Р 51901.14–2007. Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы. М.: Стандартиформ, 2008, 23 с.