



**Российский Химико-Технологический университет им. Д.И.  
Менделеева**

**Факультет информационных технологий и управления  
Кафедра Компьютерно-Интегрированных Систем в Химической  
Технологии**

**Программные приложения для проведения частотного и  
вероятностного исследований в рамках анализа риска**

# **RiskAnalysis**

# **RiskMaster**

**Разработчик: Крапчатова Н.В., аспирант  
Под руководством: д.т.н., проф. Савицкая Т.В.**



# Частотное и вероятностное исследование в рамках анализа риска

## Исходные данные

- Описание аварии, ее причин и последствий;
- Частоты возникновения причин аварии;
- Вероятности реализации последствий аварии.

## Расчетный метод

- Метод анализа деревьев отказов;
- Метод анализа деревьев событий.

## Результат

- Величина экономического риска;
- Величина социального риска;
- Величина экологического риска.



# **Основные требования к разработке программного приложения по проведению частотно-вероятностного исследования в оценке рисков**

1. Использование концепции анализа деревьев отказов и деревьев события как основного метода получения оценок риска;
2. Использование в качестве расчетной модели соотношений, соответствующих различным объектам в химической промышленности, разработанных на кафедре КИС ХТ;
3. Графический интерфейс: ввод исходных данных осуществляется путем наглядного построения схемы в виде соединения объектов определенного типа.
4. Наличие системы отчетов для детального анализа полученных результатов.
5. Разработка программного приложения для учебных целей - не перегруженного излишними деталями и возможностями и простого для освоения пользователями.



# Уровни сложности и ограничения логико-графических структур в RiskAnalysis

**Периодическое  
производство**

Первый уровень сложности: один уровень причин, одна авария

**Технологическое  
оборудование**

Второй уровень сложности

**Много-  
ассортиментное  
производство**

Третий уровень сложности: один уровень причин, аварий может быть несколько; одна причина может приводить к нескольким авариям

**Непрерывное  
производство**

Четвертый уровень сложности: два уровня причин



# Подсистема графического ввода в RiskMaster

The screenshot displays the Risk\*FrameWork software interface. The title bar reads "Risk\*FrameWork - [A-1]". The menu bar includes "Проект", "Окно", and "Помощь". The toolbar contains icons for file operations, a zoom slider set to 100, and navigation tools. The main interface is divided into three primary sections:

- Палитра компонентов (Component Palette):** A horizontal toolbar at the top center containing icons for "0-вершина" (diamond), "Причина/Отказ" (hexagon), "Авария" (square with 'S'), "Фактор" (square with 'F'), "Риск" (circle with 'R'), and "Связь" (arrow). A red box highlights this palette.
- Инспектор свойств (Property Inspector):** A vertical panel on the left side, titled "Авария", showing properties for the selected component "A-1". The properties listed are: "Цвет заливки" (fill color, red), "Цвет контура" (outline color, black), "Толщина контур." (outline thickness, 1), "Имя" (name, A-1), and "Описание" (description, Разгерметизация). A red box highlights this panel.
- Рабочая область (Working Area):** The central workspace containing a fault tree diagram. The diagram shows a central event node "A-1" (red square) with a dashed selection box. It is connected to several intermediate nodes: "P1" (hexagon), "P2" (hexagon), "P3" (hexagon), and "P4" (hexagon). "P1" is further decomposed into "P1.1", "P1.2", and "P1.3" (hexagons). "P1.1" is connected to "1.1" (diamond), "P1.2" to "1.2" (diamond), and "P1.3" to "1.3" (diamond). "P2" is connected to "2" (diamond), "P3" to "3" (diamond), and "P4" to "4" (diamond). To the right of "A-1" is a sequence of factor nodes "F1", "F2", "F3", and "F4" (squares). Further right are risk nodes "R1", "R2", and "R3" (circles). Arrows indicate the flow of causality from the basic events on the left towards the top-level event "A-1" and then through the factors and risks.

A red box encompasses the Property Inspector, Component Palette, and Working Area. The text "Инспектор свойств" is located in the bottom left of the red box, and "Рабочая область" is located in the bottom right of the red box.



# Подсистема проверки в RiskMaster

The screenshot displays the Risk\*FrameWork software interface. The main window shows a network diagram with nodes labeled P1.1, P1.2, P1.3, P1, P2, P3, P4, A-1, F1, F2, F3, R1, R2, and R3. Arrows indicate connections between these nodes. A red box highlights the 'Сообщения' (Messages) panel on the right, which contains the following text:

Сценарии | Сообщения |

- ❌ Ошибка  
Объект F4 не имеет входящих связей.  
Недопустимо для объекта данного типа.
- ⚠ Предупреждение  
Вероятность связи между объектами F2 и F1 равна нулю. Риски по соответствующим
- ⚠ Предупреждение  
Вероятность связи между объектами P1.1 и P1 равна нулю. Риски по соответствующим

Панель ошибок и недочетов

An 'Error' dialog box is also visible, containing the following text:

Error

❌ На схеме есть недопустимые ошибки. Все расчеты запрещены до их исправления.

OK

Сообщение о наличии критических ошибок



# Подсистема расчета в RiskMaster

## Расчет деревьев отказов (0-вершины, причины, аварии)

У рассматриваемого объекта есть входящие связи?

Если нет, то  
IsReady = True  
IsDone = True

Если да, то все ли значения по входящим связям  
известны?

Если да, то  
IsReady = True;  
Рассчитать частоту для исходящих от  
объекта связей, задать  
IsDone = True

Если нет, то  
IsReady = False

Найти следующий объект со  
значениями  
IsReady = True  
IsDone = False  
и рассчитать его



# Подсистема расчета в RiskMaster

## Расчет деревьев событий (аварии, факторы риска, риски)

У объекта более, чем одна исходящая связь?

Если нет, то продолжать  
расчет

Если да, то запомнить точку  
ветвления и продолжать  
расчет

Когда расчет ветви окончен,  
вернуться к последней найденной  
точке ветвления и продолжить  
расчет



# Подсистема вывода результатов в RiskMaster

The screenshot displays the Risk\*FrameWork software interface. The main window title is "Risk\*FrameWork - [A-1]". The menu bar includes "Проект", "Окно", and "Помощь". The toolbar contains icons for file operations and a zoom level of 82. The main workspace shows a fault tree diagram with nodes labeled A-1, F1, F2, F3, F4, P1, P2, P3, P4, P1.1, P1.2, P1.3, and R1, R2, R3. The results panel on the right is titled "Сценарии" and contains a table of scenarios and their associated risks.

№	Сценарий	R1	R2	R3
- Аварийная ситуация : A-1				
1	A-1->F1->F2->F3->F4	1,503E-2	7,516E-3	
2	A-1->F1->F2->F3		8,589E-3	2,147E-2
3	A-1->F1->F2			5,368E-2

Риски по всем сценариям

R1	1,503E-2
R2	1,604E-2
R3	7,400E-2
R4	

Вероятность возникновения аварийной ситуации

5,368E-2
----------

Показывать выбранный сценарий аварии

- от аварии (+ щелчок по строке сценария)
- полный сценарий (с указанием причин)

Панель результатов



# Подсистема отчетов в RiskMaster

**Таблицы для отчета - [A-1]**

Страница 1. Списки отказов/причин, аварийных ситуаций, факторов риска и рисков.

Таблица 1.1. Отказы / причины аварийных ситуаций

№	Код(Имя)	Описание	Вероятность*
1	P2	Коррозионный или механический износ материала трубопровода или фланцевых соединений	1,00E-04
2	P3	Ошибка персонала	1,00E-04
3	P4	Авария на соседних блоках	3,20E-02
4	P1.1	Ошибка персонала	1,00E-04
5	P1.2	Отказ предохранительных клапанов	2,20E-02
6	P1.3	Отказ приборов измерения давления	1,10E-04
7	P1	Превышение давлен	

Таблица 1.2. Прогнозируемые

№	Код(Имя)	Описание
1	A-1	Разгерметизация трубопровода на линии н

Таблица 1.3. Факторы риска в

№	Код(Имя)	Описание
1	F1	Разгер
2	F2	Продолжительный в
3	F3	
4	F4	Разрушение т

Вероятности возникновения факторов риска

Страница 3. Сценарии развития аварии и величины рисков.

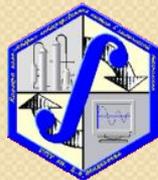
Таблица 3. Риски по всем возможным сценариям

Авария	№ сцен.	Сценарий развития аварии	R1	R2	R3
A-1	1	A-1->F1->F2->F3->F4	1,50E-02	7,52E-03	
	2	A-1->F1->F2->F3		8,59E-03	2,15E-02
	3	A-1->F1->F2			5,37E-02
Сценариев: 3 Риски по всем сценариям:			1,50E-02	1,60E-02	7,40E-02
Вероятность риска любого вида:			1,03E-01		

\*Риски, превышающие 1E-6, выделяются красным цветом.

Списки объектов / Карта сценариев / Сценарии

Сохранить в Excel    Сохранить в Excel    Закрыть



# Исходные данные для проведения расчета в RiskMaster (вариант лабораторной работы)

## Причины (с указанием частоты возникновения):

- P1 - превышение давления выше допустимого значения;
- P1.1 - Ошибка персонала ( $1,0E-04$  1/год);
- P1.2 - Отказ предохранительных клапанов ( $2,2E-02$  1/год);
- P1.3 - Отказ приборов измерения давления ( $1,1E-04$  1/год);
- P2 - Коррозийный или механический износ материала трубопровода или фланцевых соединений ( $1,0E-04$  1/год);
- P3 - Ошибка персонала ( $1,0E-04$  1/год);
- P4 - Авария на соседних блоках ( $3,2E-02$  1/год)

## Авария:

Разгерметизация фланцевых соединений или трубопровода на нагнетании центрального насоса 1 или 2 на установке гидроочистки дизельного топлива Московского НПЗ

## Последствия (с указанием вероятности реализации):

- F1 – Разгерметизация трубопровода или фланцев (1);
- F2 - Продолжительный выброс содержимого трубопровода в окружающую среду (1);
- F3 – Пожар (0,4);
- F4 - Разрушение технологического оборудования (0,7)

