

СПИК СЗМА



Специализированная инженеринговая
компания

Севзапмонтажавтоматика

г. Санкт-Петербург



СПИК СЗМА

ISO 9001:2008

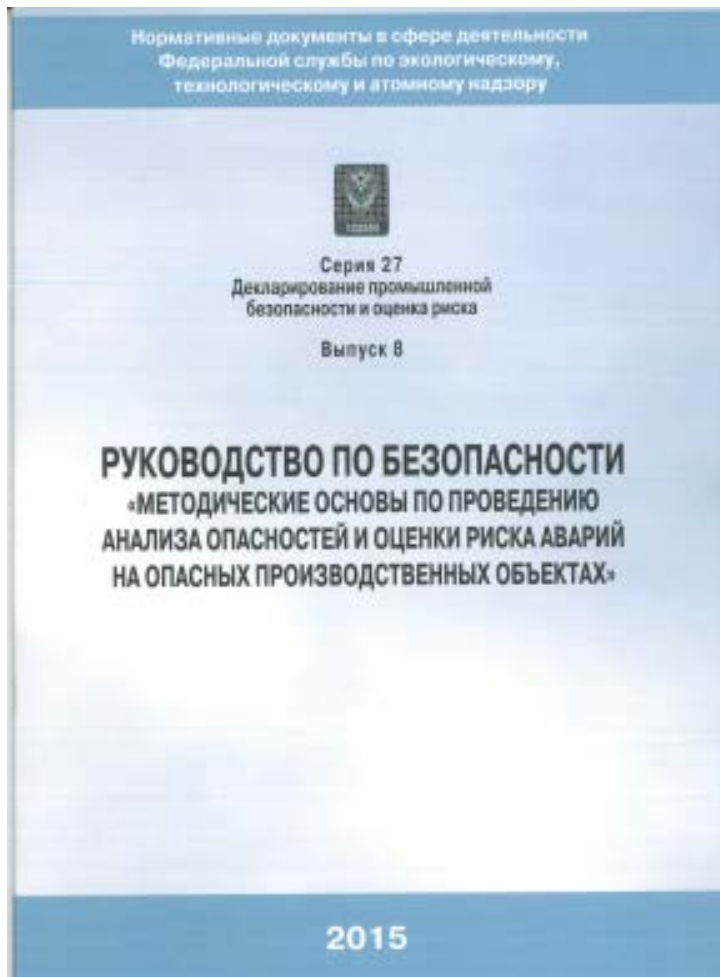
МОЖАЕВА И.А., НОЗИК А.А., СТРУКОВ А.В.
АО «СПИК СЗМА», С-Петербург,
E-mail: info@szma.com

Программная реализация методов количественного анализа риска аварий опасных производственных объектов на основе логики-детерминированного подхода

ТБ ФОРУМ -2016

Технологии безопасности

Россия, Москва, 9-11 февраля 2016 г.



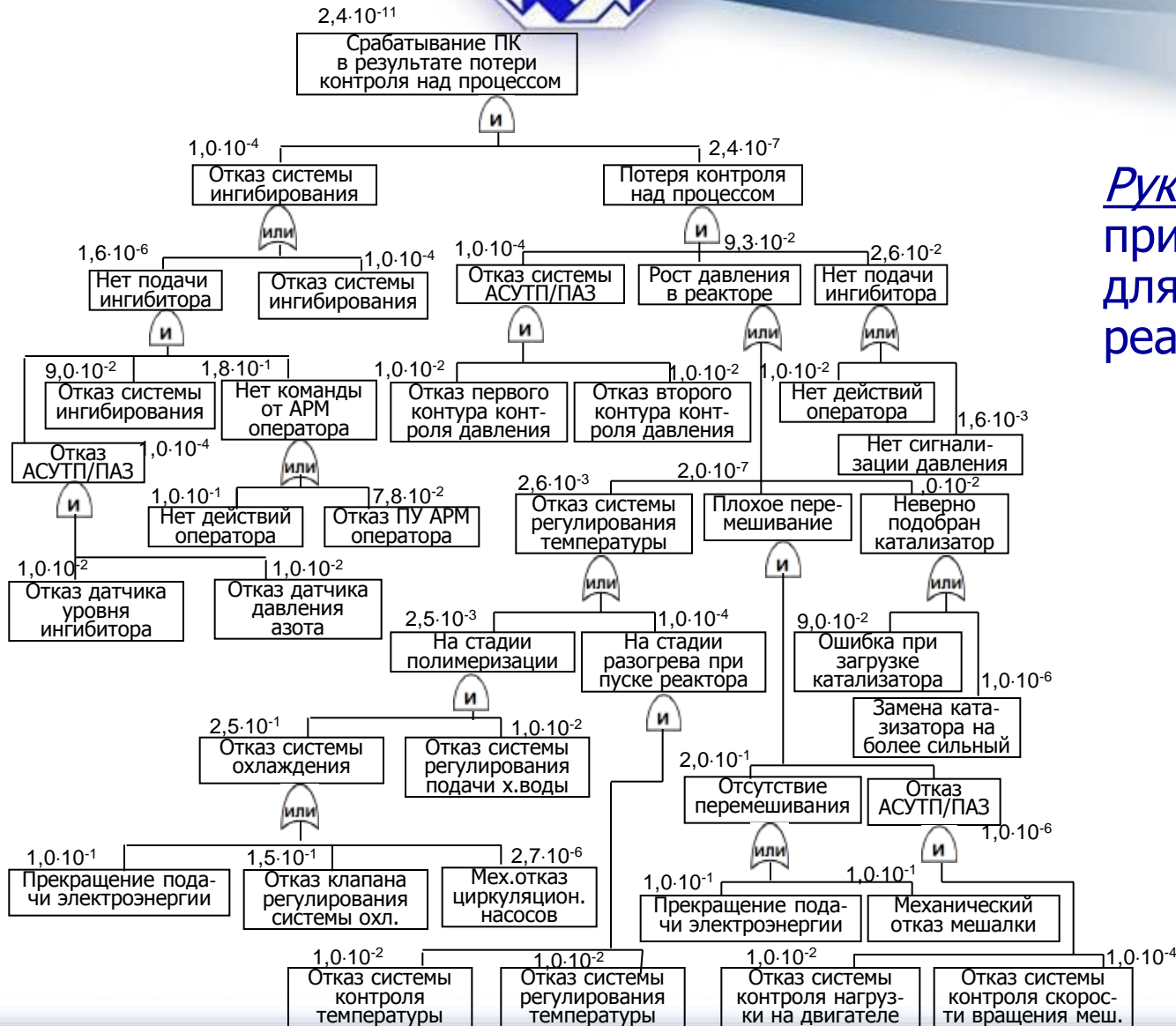
46. При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, систем обнаружения утечек, автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП), систем противоаварийной защиты (ПАЗ) рекомендуется анализировать технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами **теории надежности**.

Методы расчета надежности технических систем рекомендуется сочетать с методами **моделирования аварий** и количественной оценки риска аварий.



Рекомендации по выбору методов анализа риска

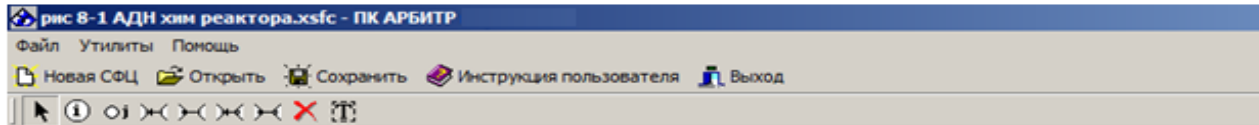
Метод	Вид деятельности				
	Размещение ОПО (предпроектные работы)	Проектиро- вание	Ввод/ вывод из эксплуа- тации	Эксплуа- тация	Рекон- струк- ция
Проверочный лист	+	+	+	+	+
Анализ "Что будет, если...?"	0	+	++	++	+
Предварительный анализ опасностей (идентификации опасностей)	++	+	0	0	+
Анализ опасности и работоспособности	+	++	+	+	++
Анализ видов и последствий отказов	+	++	+	+	++
Анализ деревьев отказов и событий	0	++	+	+	++
Количественный анализ риска	++	++	+	+	+
Анализ барьеров безопасности	+	++	+	+	+



Руководство....!
 пример дерева отказов для химических реакторов

СПИК СЗМА

ISO 9001



ПК АРБИТР:
СФЦ для
моделирования
отказов химических
реакторов

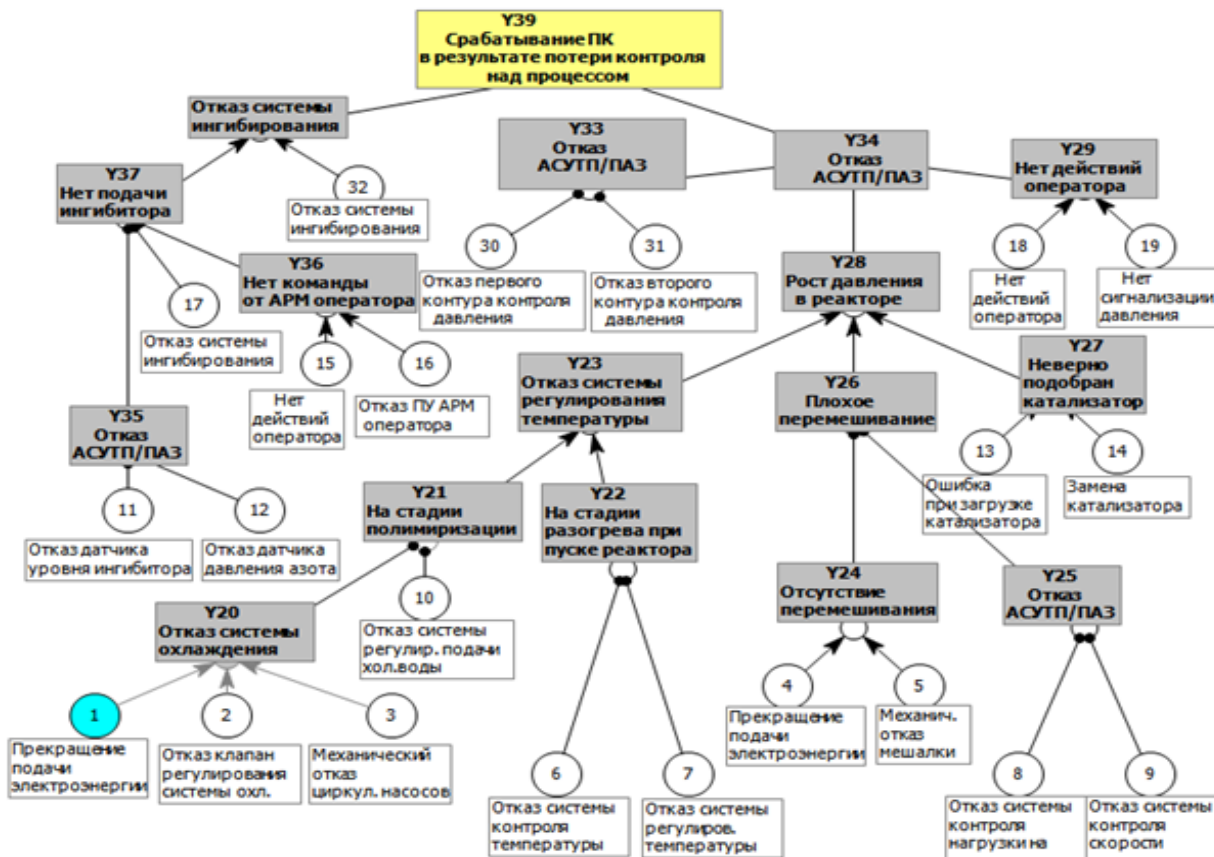




рис 8-1 АДН хим реактора.xsfc - ПК АРБИТР

Файл Утилиты Помощь

Новая СФЦ Открыть Сохранить Инструкция пользователя Выход

Вероятностная функция содержит 150 одночленов

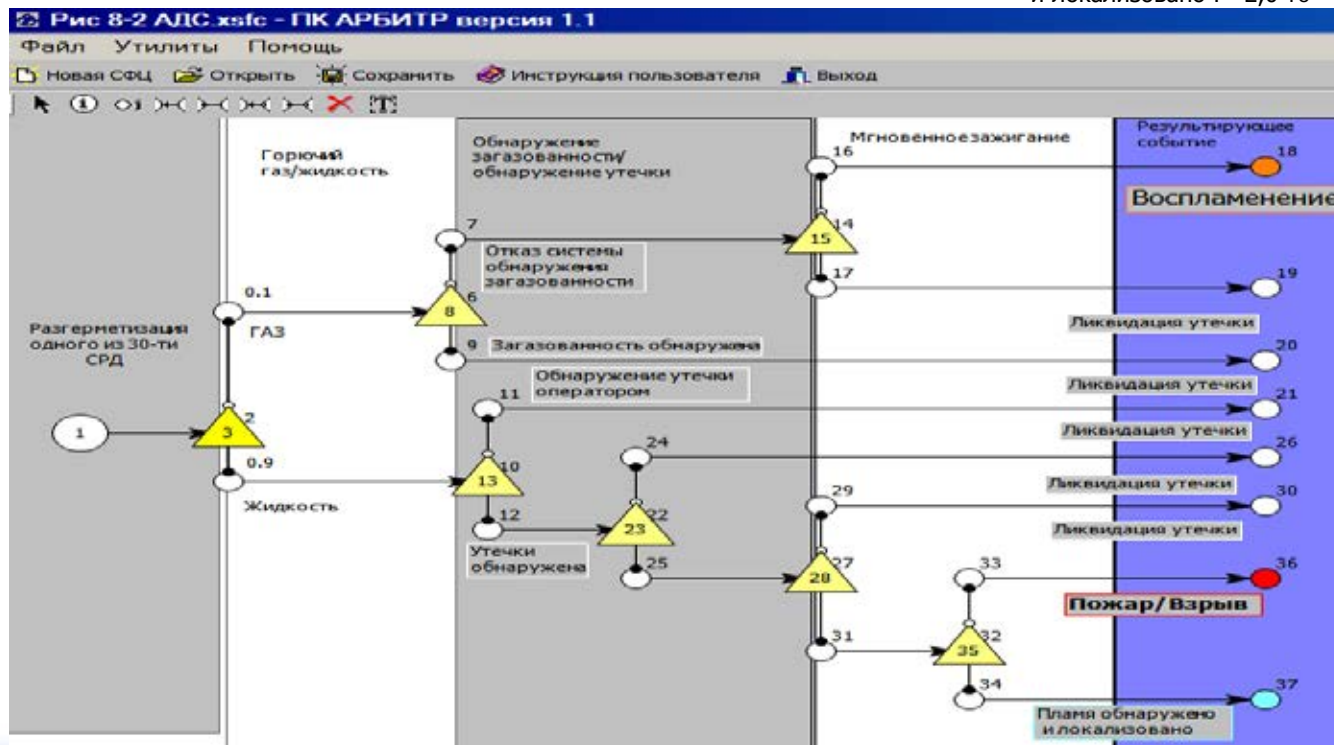
Статические расчеты : $P = 2.41973586814497E-11$ - вероятность реализации критерия

Номер эл-та	Р элемента	Значимость элемента	Отрицательный вклад	Положительный вклад	Наименование
32	0.0001	2.38E-07	-2.38E-11	2.38E-07	Отказ системы ингибирования
30	0.01	2.42E-09	-2.42E-11	2.40E-09	Отказ 1 контура контроля давления
31	0.01	2.42E-09	-2.42E-11	2.40E-09	Отказ 2 контура контроля давления
19	0.016	9.27E-10	-1.48E-11	9.12E-10	Нет сигнализации давления
18	0.01	9.21E-10	-9.21E-12	9.12E-10	Нет действий оператора
13	0.09	2.62E-10	-2.36E-11	2.38E-10	Ошибка при загр. катализатора
14	1.00E-06	2.38E-10	-2.38E-16	2.38E-10	Замена катализатора

Результат | Диаграммы | Отчет

Руководство....:
 пример дерева
 событий для случая
 разгерметизации
 сосудов,
 работающих под
 давлением

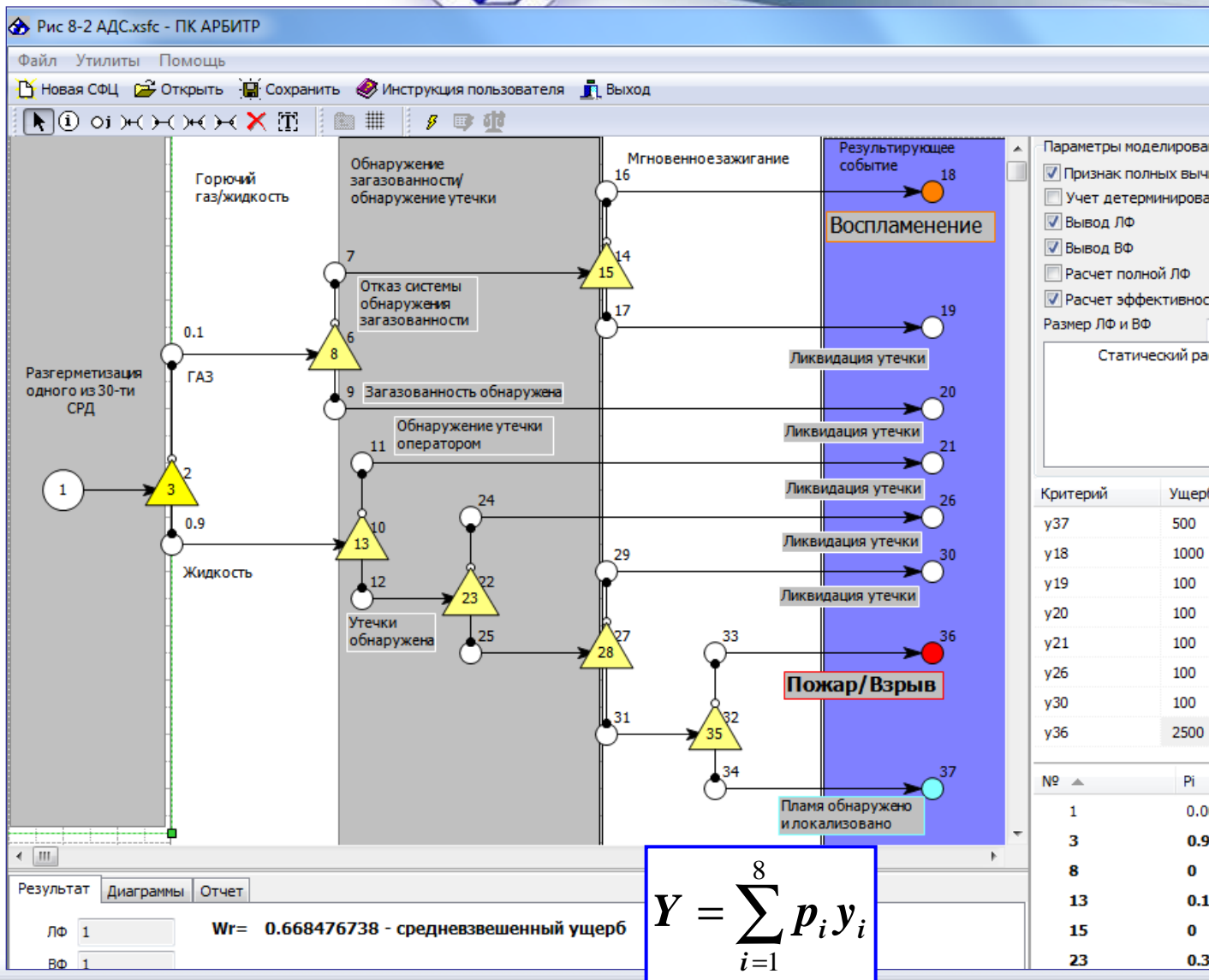
Разгерметизация одного из 30-ти СРД	Горючий газ/жидкость	Обнаружение загазованности/ обнаружение утечки	Мгновенное загорание	Результирующее событие		
6.67·10 ⁻³	0.1 Газ	0.012	0.1 Да	Воспламенение P=1,0·10 ⁻⁷		
		Отказ системы обнаружения загазованности	0.9 Нет	Ликвидация утечки P=7,0·10 ⁻⁶		
		0.988		Ликвидация утечки P=6,58·10 ⁻⁴		
	0.9 Жидкость	Загазованность обнаружена	0.9		Ликвидация утечки P=5,40·10 ⁻³	
		Обнаружение утечки оператором	0.7		Ликвидация утечки P=4,20·10 ⁻⁴	
		0.1 Утечка обнаружена	Негорючая жидкость	0.99		Ликвидация утечки P=1,78·10 ⁻⁴
				Да	0,01	Пожар/взрыв P=1,0·10 ⁻⁸
		0.3 Горючая жидкость	Горючая жидкость	0.01	0,99	Пожар/взрыв P=1,0·10 ⁻⁸
				Нет	0,01	Пламя обнаружено и локализовано P=2,0·10 ⁻⁶



ПК АРБИТР:
 экранный
 интерфейс с
 решением примера

СПИК СЗМА

ISO 9001:2008



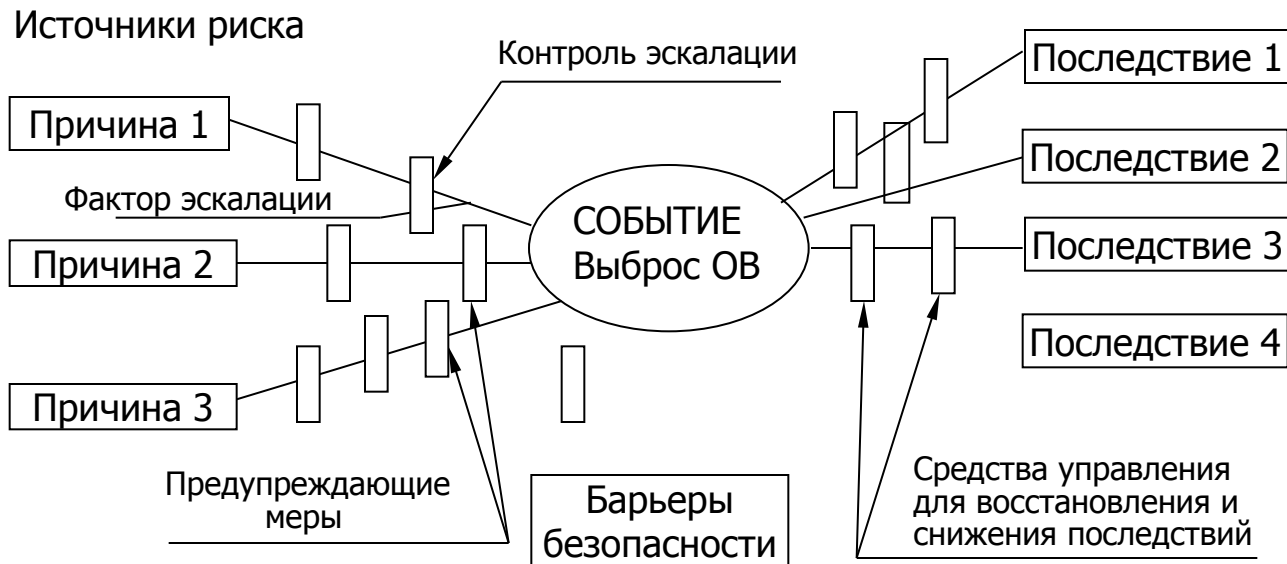


Анализ барьеров безопасности



АНАЛИЗ ПРИЧИН
HAZOP, "дерево отказов"
определение SIL

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ
"дерево событий" КОР





Пример совместного применения методов анализа деревьев отказов и деревьев событий в программной среде ПК АРБИТР

Уровни разработки расчетной схемы метода АББ

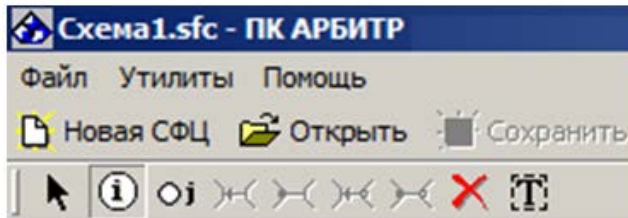
СПИК СЗМА

ISO 900



1. "Анализ причин" - разработка левой части расчетной схемы метода АББ – технической составляющей безопасности

1.1



Причина 1

1

1.2



Причина 1

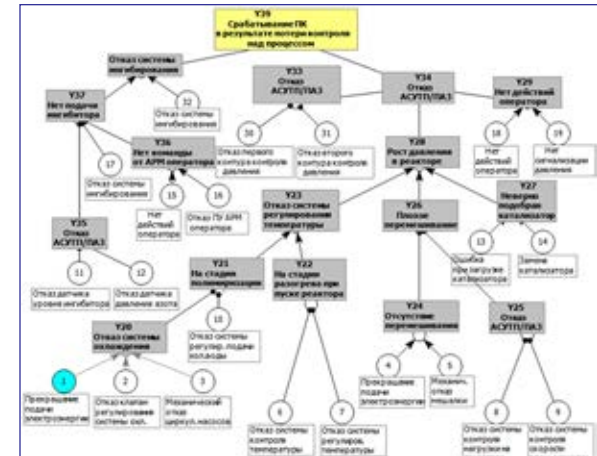
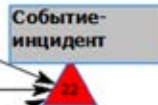
1

Причина 2

2

Причина 3

3



$P\{Y22=1\} = 0.4073$ - вероятность возникновения события инцидента (аварийной ситуации)

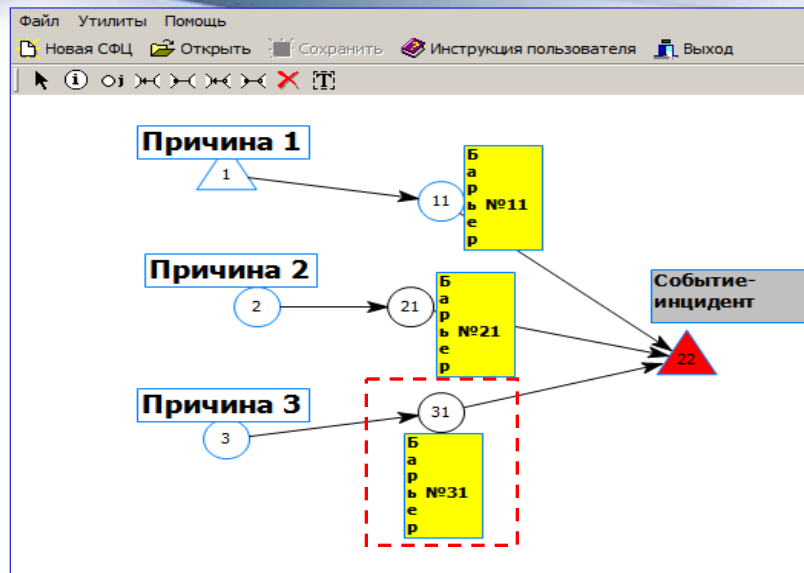
2. Анализ влияния барьеров



СПИК СЗМА

ISO 9001:2008

На начальном уровне анализа вводятся только те барьеры, которые применяются непосредственно при возникновении аварийной ситуации. При этом действия обслуживающего персонала считаются правильными. Влияние барьеров безопасности определяется показателями доверия, эффективности и времени реагирования.



2.1 Анализ значимости элементов схемы (барьеров)

значимости элементов ξ_i в порядке убывания имеют значения:

$\xi_{31}=0.76$;
 $\xi_{11}=0.74$;
 $\xi_{21}=0.62$.

2.2 Анализ влияния барьеров на частоту реализации события-инцидента

Барьер №31 снижает вероятность реализации причины №3 на 30%.

Барьер №21 снижает вероятность реализации причины №2 на 30%.

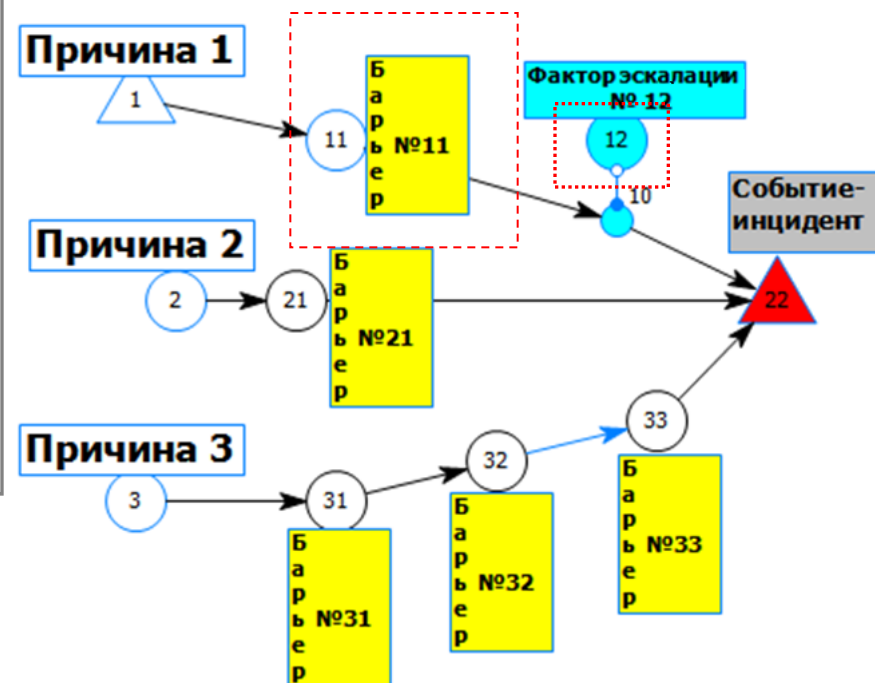
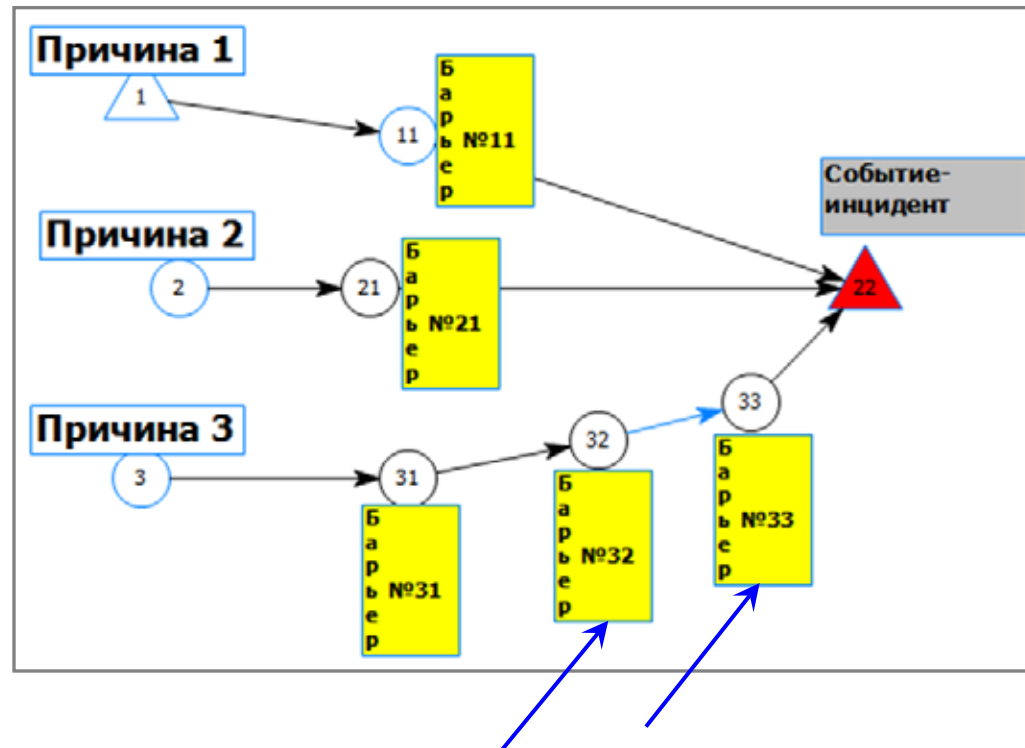
VS

$P\{Y_{22}=1 \mid N^{\circ}31\} = 0.357$
 (снижение на 12.3%)

$P\{Y_{22}=1 \mid N^{\circ}21\} = 0.398$
 (снижение на 2.3%)

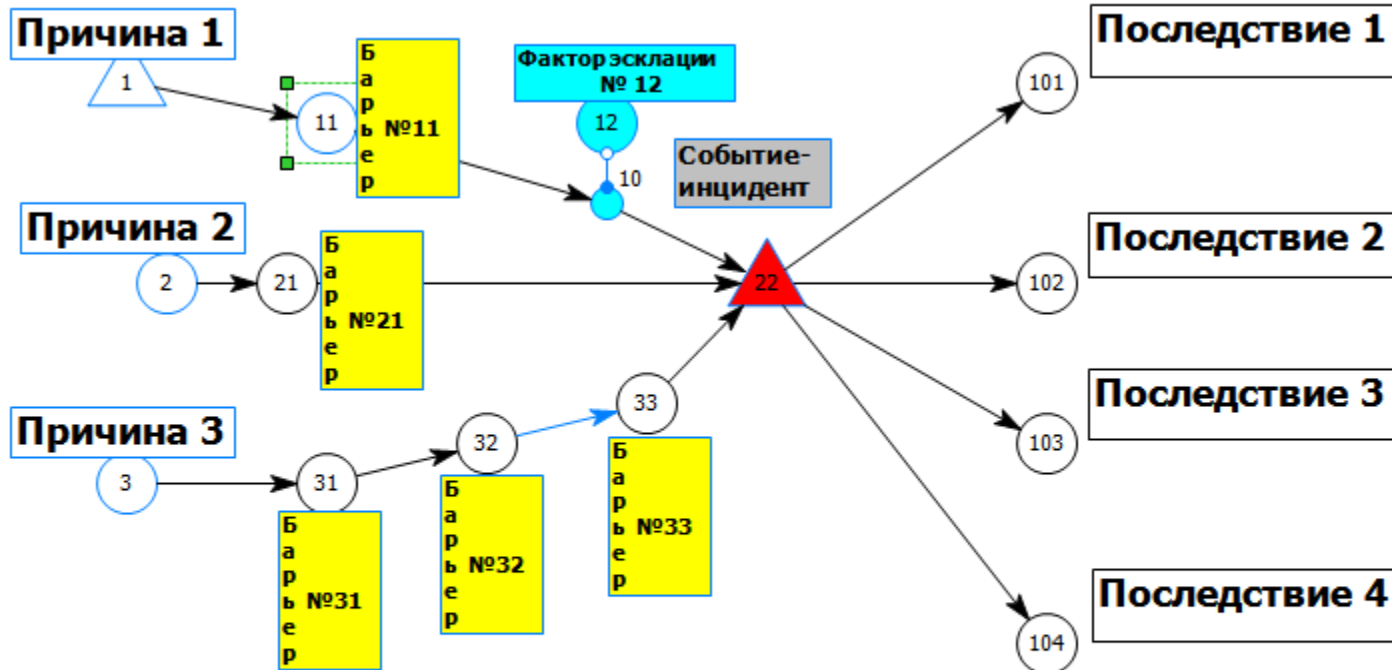


2.3 Анализ влияния дополнительных барьеров и факторов эскалации на частоту реализации события-инцидента





3. "Анализ последствий" - разработка правой части расчетной схемы метода АББ – организационной составляющей безопасности



Параметры моделирования и расчетов

- Признак полных вычислений
- Учет детерминированных состояний
- Вывод ЛФ
- Вывод ВФ
- Расчет полной ЛФ
- Расчет эффективности/риска

Размер ЛФ и ВФ: 5000

Статический расчет

Критерий	Ущерб
y104	100
y101	400
y102	300
y103	200

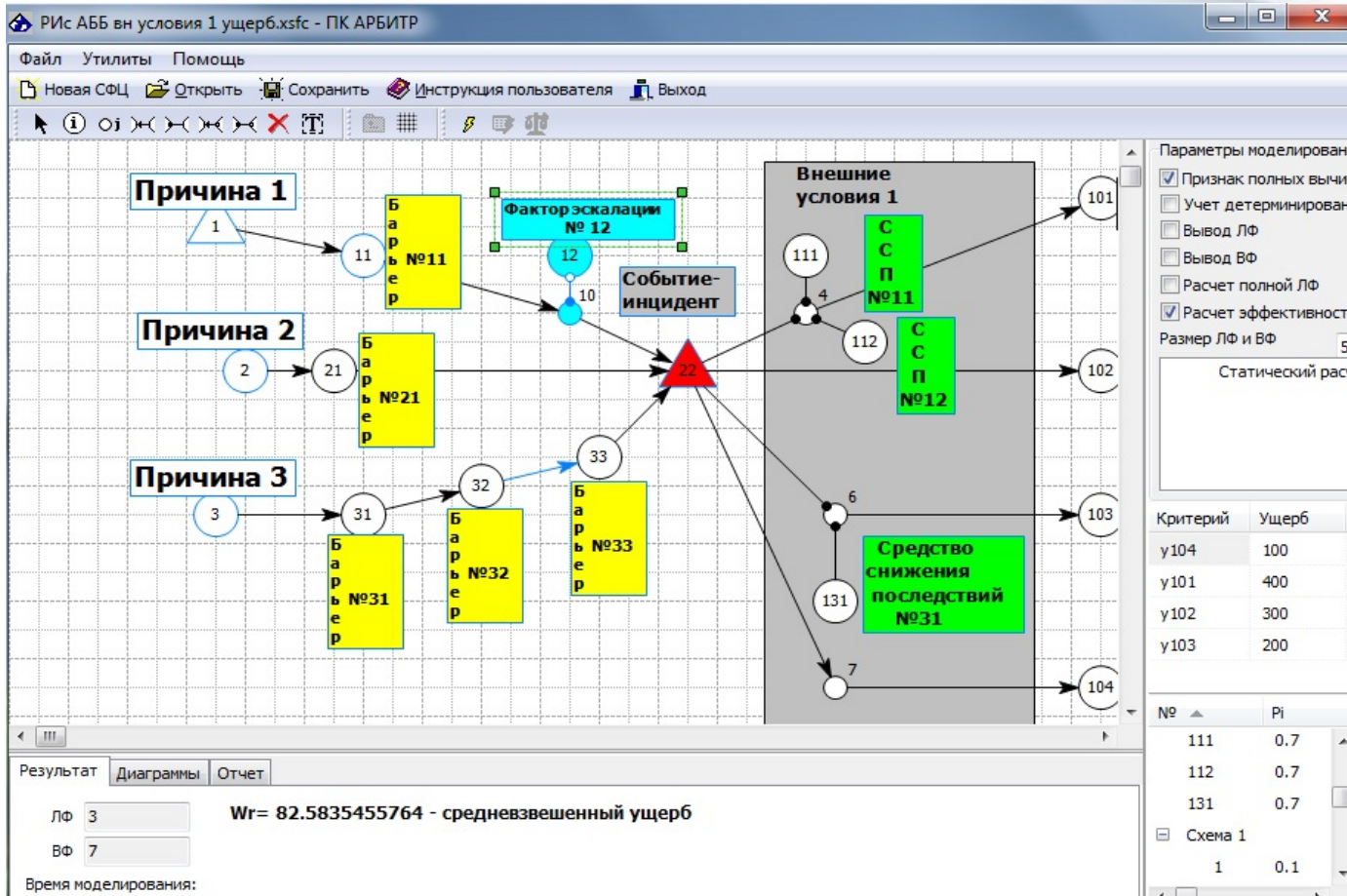
Результат: **Wr= 140.504813582 - средневзвешенный ущерб**

ЛФ: 3
ВФ: 7



3.1. Анализ влияния средств снижения последствий (ССП)

3.1.1 Внешние условия 1

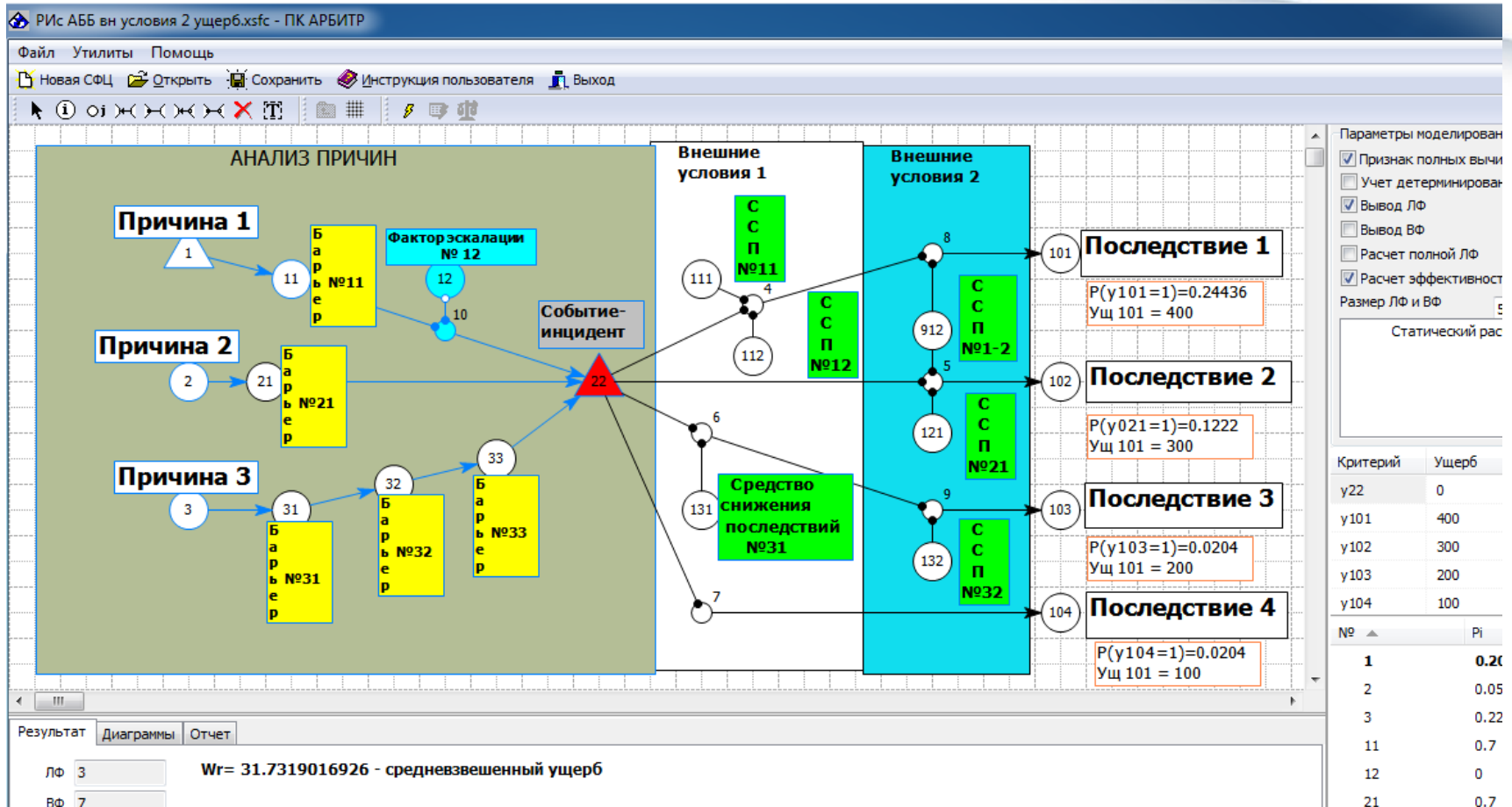


ССП №11, 12 и 31, примененные при внешних условиях 1, позволят снизить вероятность реализаций соответствующих последствий на 30%. Средневзвешенный ущерб снизился на 31.1%.



3.1.2. Внешние условия 2

Расчет ущерба с применением барьеров и ССП

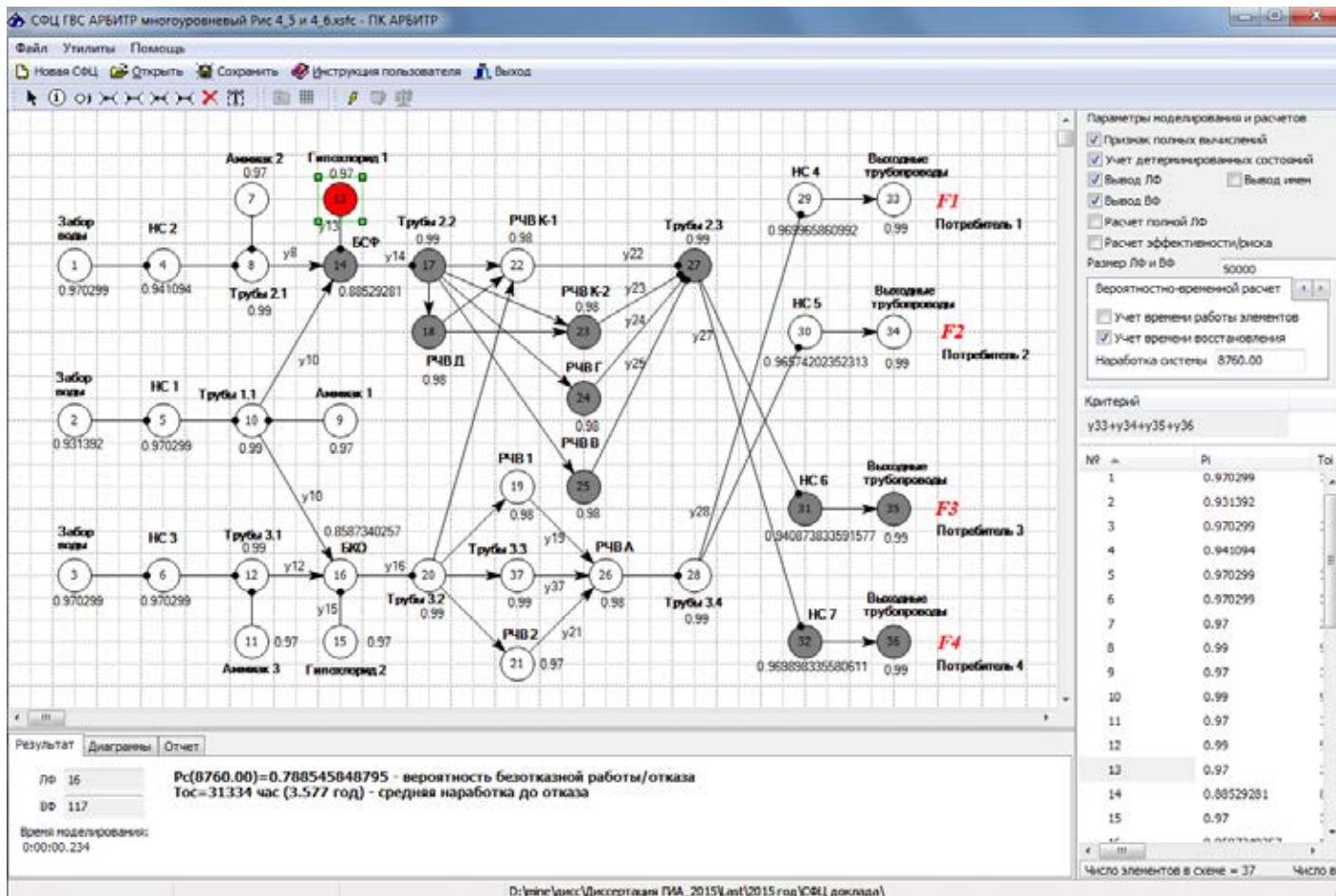


Применение ССП №912 (30%) при внешних условиях 2 снизит средневзвешенный ущерб до 100.2 у.е., т.е. на 22.8%.

Применение всех ССП при внешних условиях 2 снизит средневзвешенный ущерб до 55.2 у.е., т.е. снижение на 57.2%.



Пример применения логико-детерминированного подхода для мониторинга последствий изменений состояний Главной водопроводной станции Водоканала Санкт-Петербурга





Выводы:

Для автоматизированного моделирования и анализа риска аварий ОПО необходимо применение программных средств, позволяющих реализовать такие методы количественной оценки риска аварий как метод анализа барьеров безопасности.

К таким программным средствам относится программный комплекс **АРБИТР**, аттестованный органами Ростехнадзора.

4. О программном комплексе АРБИТР

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ

№ 592
РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР
ПС В ПОЗИ ПРИ РИЦ КИ
21.11.2005
дата регистрации

№ 222
РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР
ПАСПОРТА АТТЕСТАЦИИ ПС
21.02.2007
дата выдачи

НАЗВАНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА: Программный комплекс АРБИТР
(ПК АСМ СЗМА), базовая версия 1.0

ЭВМ: ПЭВМ, компьютер класса IBM-PC с процессором Pentium II и выше

ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА: Windows 95, Windows 98, Windows Me, Windows NT,
Windows 2000, Windows XP, Windows 2003

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ: Borland Object Pascal, среда разработки Borland
Delphi Professional, Version 7.0 (Build 4.453)

АВТОР: А.С. Можавв

РАЗРАБОТЧИК: Открытое акционерное общество "Специализированная
инжиниринговая компания "Севзалмонтажавтоматика"
(ОАО "СПИК СЗМА"), Санкт-Петербург

ЗАЯВИТЕЛЬ: Открытое акционерное общество "Специализированная
инжиниринговая компания "Севзалмонтажавтоматика"
(ОАО "СПИК СЗМА"), Санкт-Петербург

РЕШЕНИЕ СОВЕТА ПО АТТЕСТАЦИИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Аттестовать программный комплекс АРБИТР (ПК АСМ СЗМА),
базовая версия 1.0 на срок 10 лет

ПРИЛОЖЕНИЕ на 4 стр.

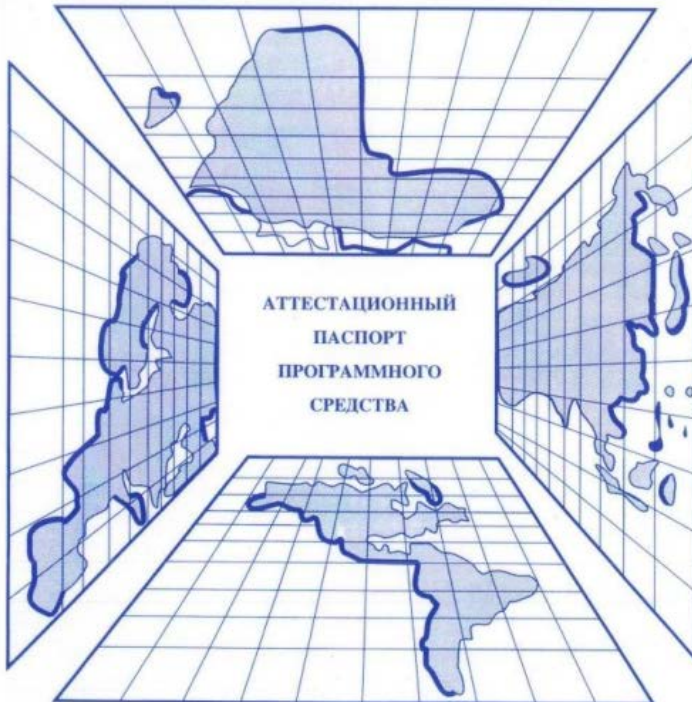


ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА
ПО АТТЕСТАЦИИ ПС

И.Р. Уголева
И.Р. Уголева



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ





Результаты:

Только в АО "СПИК СЗМА" с помощью ПК АРБИТР выполнено более 40 проектных расчетов надежности по заказам сторонних организаций, в том числе проектные расчеты надежности

- систем электроснабжения 17 олимпийских объектов;
- АСУ объектов

ООО «Газтранзит»,
Волжской ГЭС,
Кураховской ТЭЦ,
предприятий электрических сетей,
нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих
предприятий России и Сербии.

ПК АРБИТР эксплуатируется:

- в 10 научно-исследовательских институтах и центрах;
- в 12 Высших учебных заведениях Российской Федерации;
- в 12 проектных организациях и на предприятиях промышленности.



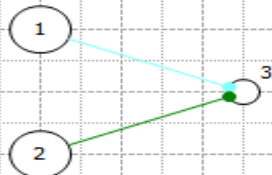
СПИК СЗМА

ISO 9001:2008

Доклад окончен, спасибо за внимание

Можаева Ирина Александровна

info@szma.com



Последовательная система:
Система исправна, когда исправны
все элементы:
 $P_{ис} = P_1 * P_2 = 0.9 * 0.8 = 0.71$

Логическая функция: $X_1 \cdot X_2$
Вероятностная функция: $P_1 * P_2$

Параметры моделирования и расчетов

- Признак полных вычислений
- Учет детерминированных состояний
- Вывод явной ФРС Вывод имен
- Вывод явной ВФ
- Расчет полной ФРС
- Расчет риска

Размер ФРС и ВФ

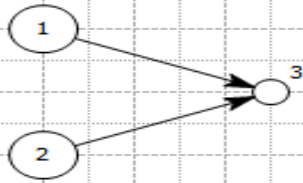
Статический расчет

Критерий

y3

№	$P_i \Delta$	T_{oi}	T_{vi}
2	0.8	0	-1
1	0.9	0	-1





Параллельная система исправна, когда исправен хотя бы один элемент:
 Объединение событий:
 $P_{пар} = P1+P2-P1P2$

Логическая функция:
 $Y3 = X1 \vee X2 = X1 \vee X1 \cdot X2$
 Вероятностная функция:
 $P_c = P1 + Q1P2$
 $Q1 = 1 - P1$



- Вывод явной ФРС
 - Вывод явной ВФ
 - Расчет полной ФРС
 - Расчет риска
- Размер ФРС и ВФ

Статический р

Критерий
 y3

№	Pi
2	0.8
1	0.9

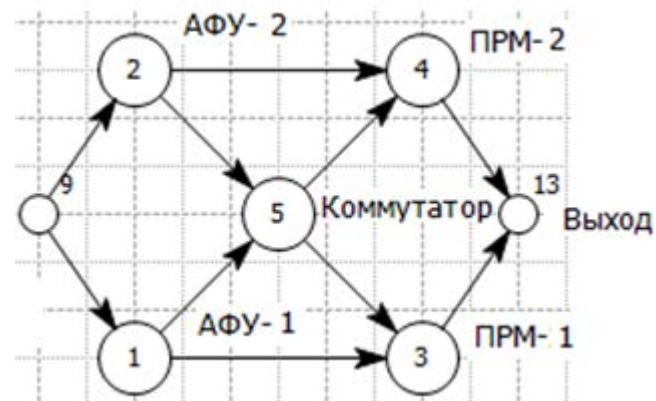
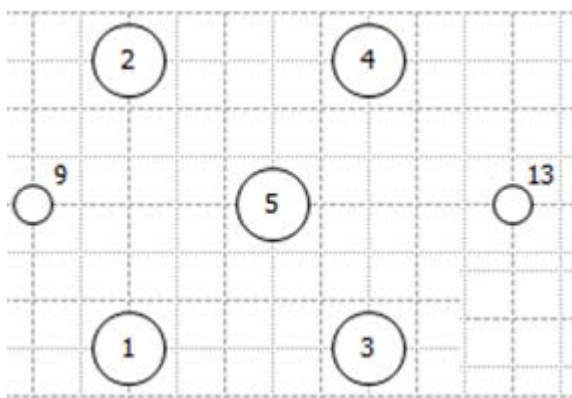
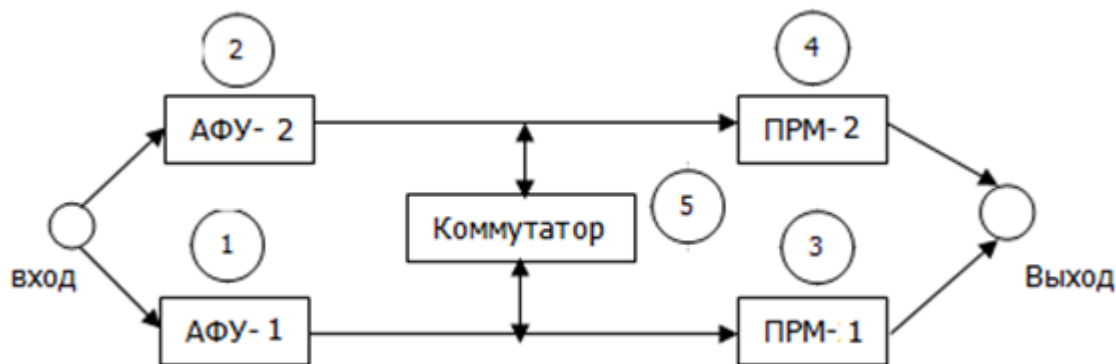
Краткая инструкция пользователю ПК АРБИТР

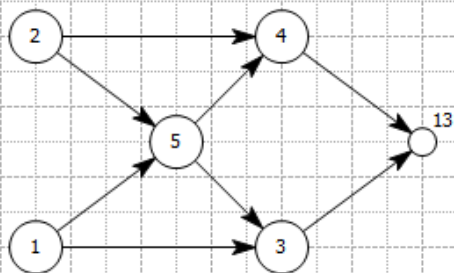
СОДЕРЖАНИЕ		
Введение		3
<u>Часть 1. Основы работы с ПК АРБИТР</u>		3
1.1 (2.4) Запуск программного комплекса		
1.2 (2.5) Изменение размеров окон		4
1.3 (2.7) Панель инструментов		5
1.4 (4.1.3) Изменение параметров функциональных и фиктивных вершин		7
<u>Часть 2. Моделирование простых структур</u>		10
2.1 (4.2) Работа с ребрами		
2.2 <u>Моделирование последовательной системы</u>		12
2.3 <u>Моделирование параллельной системы</u>		16
<u>Часть 3 Моделирование систем с раздельным и общим резервированием</u>		17
3.1 Составление СФЦ исходного состояния системы		
3.2 Составление СФЦ общего резервирования системы		19
3.3 Составление СФЦ раздельного резервирования системы		20
<u>Часть 4. Ввод параметров элементов и режимы моделирования надежности</u>		22
<u>Часть 5 Моделирование надежности мостиковой схемы</u>		25
5.1 Составление СФЦ мостиковой схемы		

01:2008

СПИК СЗМА

ISO 9001:2008



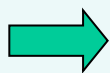


Кратчайшие пути успешного функционирования:
 1. X1X2 2. X1X3 3. X1X5X4 4. X2X5X3

Номер эл-та	P эл-та	Значимость эл-та	Отрицательн. вклад	Положительн. вклад	Наименование
1	0.9	0.1062	-0.09558	0.01062	АФУ-1
2	0.9	0.1062	-0.09558	0.01062	АФУ-2
3	0.9	0.1062	-0.09558	0.01062	ПРМ-1
4	0.9	0.1062	-0.09558	0.01062	ПРМ-2
5	0.9	0.0162	-0.01458	0.00162	Коммутатор

$P = 0.97848$

$P_1 = 1$



$P_1 = 0.9891$



Вклад 1 = $0.9891 - 0.97848 = 0.01062$

Параметры мод

- Признак пол
- Учет детер
- Вывод явно
- Вывод явно
- Расчет полн
- Расчет риск
- Размер ФРС и В

Статич

Критерий

y13

№	Δ	P_i
1		0.9
2		0.9
3		0.9
4		0.9
5		0.9

1 0.9

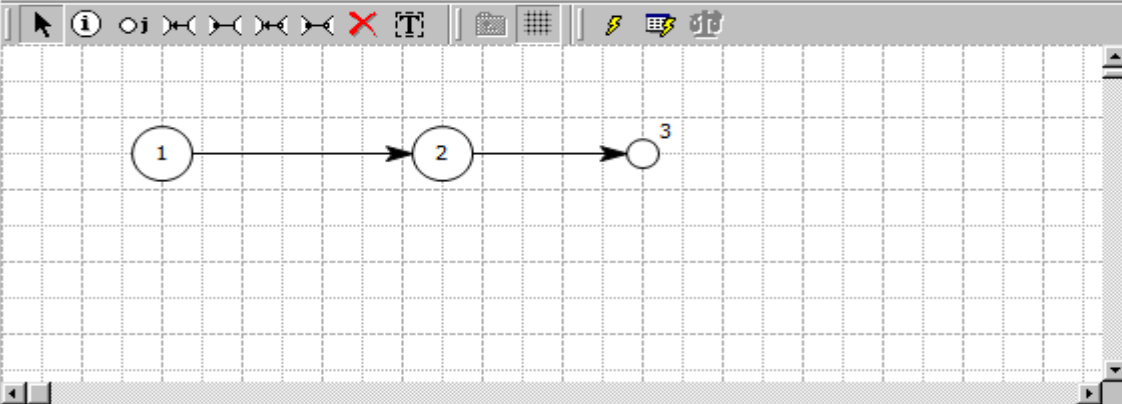
2 0.9

3 0.9

4 0.9

5 0.9

001:2008



Параметры моделирования и расчетов

- Признак полных вычислений
- Учет детерминированных состояний
- Вывод явной ФРС
- Вывод явной ВФ
- Расчет полной ФРС
- Расчет риска

Размер ФРС и ВФ

Вероятностно-временной расчет

- Учет времени работы элементов
- Учет времени восстановления

Наработка системы

Результат | Диаграммы | Отчет

Результаты моделирования всей системы

Параметры СФЦ:

Число вершин - 3

Число элементов - 2

Логический критерий функционирования

$Y_c = y_3$

Логическая ФРС содержит 1 конъюнкций

Вероятностная функция содержит 1 одночленов

Полностью восстанавливаемая система :

$K_{Гс} = 0.966643824572718$ - коэффициент готовности/неготовности системы

$T_{ос} = 5840$ час (0.667 год) - средняя наработка на отказ

$T_{вс} = 201.522$ час - среднее время восстановления системы

Критерий

y_3

№	P_i	T_{oi}	T_{vi}
1	0.98871331...	1	100
2	0.97767857...	2	400

$$K_{Гi} = \frac{T_{oi}}{T_{oi} + T_{Bi}}$$

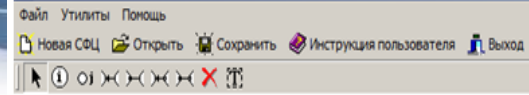


ГОСТ Р 51901.1-2002	Управление надежностью. Анализ риска технологических систем	IEC 60300-3-9 (1995-12)	Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems
ГОСТ Р 51901.2-2005	Менеджмент риска . Системы менеджмента надежности	IEC 60300-1 (2003-06)	Dependability management – Part 1: Dependability management systems
ГОСТ Р 51901.3-2007	Менеджмент риска . Руководство по менеджменту надежности	IEC 60300-2 (2004-03)	Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management
ГОСТ Р 51901.4-2007	Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании	IEC 62198 (2001-04)	Project risk management – Application guidelines
ГОСТ Р 51901.5-2007	Менеджмент риска . Руководство по применению методов анализа надежности	IEC 60300-3-1 (2003-01)	Dependability management – Part 3-1: Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology

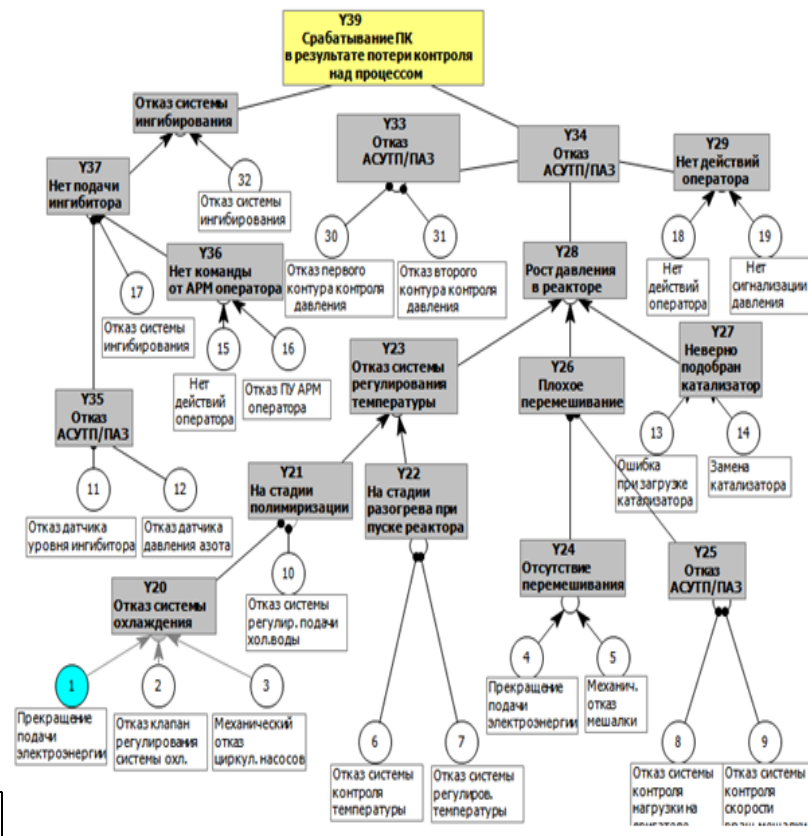
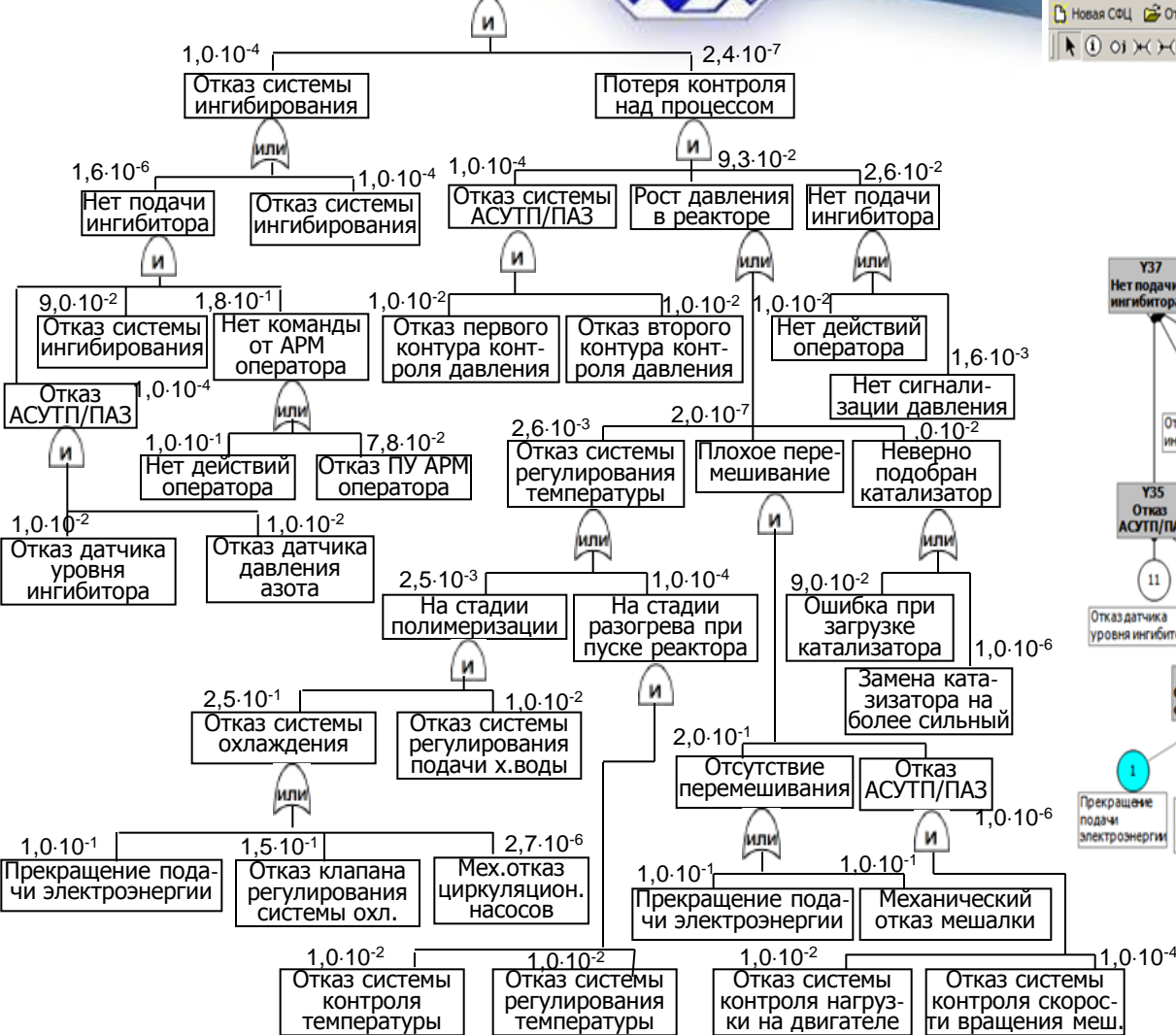
СПИК СЗМА



рис 8-1 АДН хим реактора.xsf - ПК АРБИТР



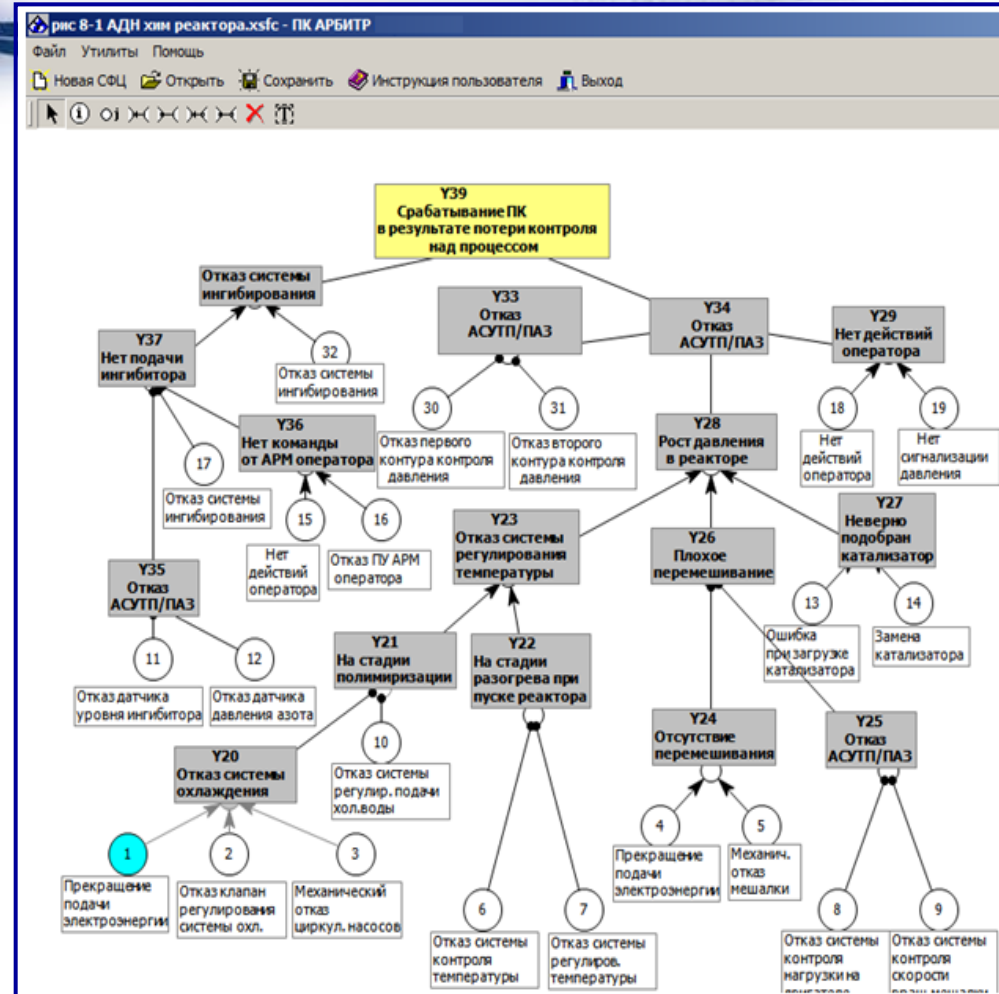
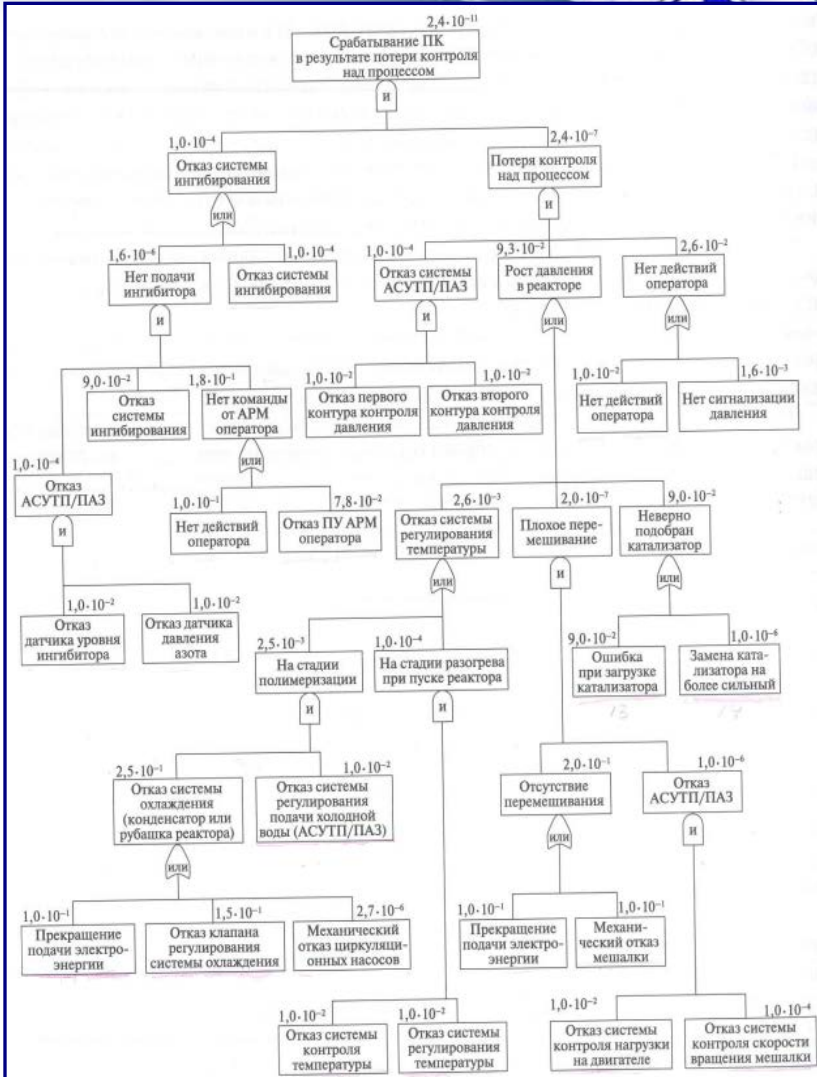
$2,4 \cdot 10^{-11}$
Срабатывание ПК
в результате потери
контроля над процессом



ПК АРБИТР: СФЦ для моделирования отказов химических реакторов

Руководство: пример дерева отказов для химических реакторов

СПИК СЗМА



пример дерева отказов для химических реакторов

СФЦ для моделирования отказов химических реакторов

СПИК СЗМА

ISO 9001:2008

