

На правах рукописи

НОЗИК
Александр Абрамович

**ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ
СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Специальность: 05.13.01 - "Системный анализ, управление и
обработка информации (технические системы по техническим наукам)"**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2005

Работа выполнена в ОАО "Специализированная инжиниринговая компания
"Севзапмонтажавтоматика"

Научный

руководитель:

Доктор технических
наук, профессор

Можаев Александр Сергеевич

Официальные
оппоненты:

Доктор технических
наук, профессор

Рябинин Игорь Алексеевич

Доктор технических
наук, профессор

Марлей Владимир Евгеньевич

Ведущая
организация

**Центральный научно-исследовательский
институт комплексной автоматизации
(ОАО "ЦНИИКА")**

Защита диссертации состоится "___"_____2005 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д.002.199.01 при Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН по адресу: 199178, г.Санкт-Петербург, В.О., 14-линия, д.39.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН.

Автореферат разослан "___"_____2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д.002.199.01

Ронжин Андрей Леонидович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Количественная оценка надежности и безопасности структурно-сложных технических систем (ССТС) различных видов, классов и назначения предусмотрена нормативно-техническими требованиями к их промышленной разработке, производству и эксплуатации. Это необходимо для объективной и научно обоснованной оценки существующего уровня надежности и безопасности ССТС и выработки, обоснования и оптимизации различных управленческих решений, направленных на их повышение.

Актуальность темы. Проблема количественной оценки надежности и безопасности ССТС в последние годы существенно обострилась как в отечественной науке и промышленности, так и за рубежом. Это обусловлено несколькими причинами, среди которых можно выделить две основные:

1. Постоянно возрастающие потребности практики в увеличении уровня надежности и безопасности ССТС, особенно предназначенных для работ на опасных производственных объектах;
2. Постоянно возрастающие структурная сложность и размерность современных ССТС и математических моделей их надежности и безопасности.

Первая из указанных причин диктует необходимость расширения областей применения научных методов анализа этих свойств на предприятиях. Вторая причина определяет содержание главной проблемы, из-за которой, как правило, оказывается невозможным практическое применение даже известных и теоретически проработанных научных методов анализа надежности и безопасности систем. Эта проблема проявляется в следующем:

1. С помощью традиционных (неавтоматизированных, ручных) технологий во многих случаях практически невозможно построение необходимых математических моделей надежности и безопасности современных технических систем большой размерности и высокой структурной сложности;
2. Многие предприятия при разработке технических решений до сих пор недостаточно используют новые информационные технологии автоматизированного моделирования и расчета надежности и безопасности различных ССТС.

Цель работы – развитие методов и средств технологии автоматизированного структурно-логического моделирования, обеспечивающее возможность ее использования на предприятиях промышленности для оценки надежности и безопасности сложных технических систем.

Задачи исследования. Главной научной задачей данной диссертации является разработка комплекса методов и методик автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности и безопасности

структурно-сложных технических систем большой размерности на предприятиях промышленности.

Для решения этой главной задачи поставлены и решены следующие частные научные и практические задачи:

1. обоснование выбора технологии автоматизированного структурно-логического моделирования в качестве базовой для оценки показателей надежности и безопасности сложных систем;
2. разработка комплекса методов и методик реализации положений односвязной структурной декомпозиции моделей надежности и безопасности систем большой размерности и высокой структурной сложности;
3. определение состава модулей и общей структуры базового образца программного комплекса автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности и безопасности структурно-сложных технических систем;
4. разработка методики автоматизированного моделирования и расчета ожидаемого ущерба от аварии на опасном производственном объекте;
5. разработка основных методических положений и рекомендаций по применению теории, технологии и программных комплексов автоматизированного структурно-логического моделирования для оценки надежности и безопасности сложных систем на предприятиях промышленности.

Методы исследования. При проведении исследований использовались следующие научные теории и методы: системный подход, теория сложных систем, теория автоматизированного структурно-логического моделирования, общий логико-вероятностный метод, методы теории вероятности, алгебры логики, теории надежности и безопасности систем.

На защиту выносятся следующие результаты:

1. Комплекс методов и методик, обеспечивающих решение проблемы размерности в технологии автоматизированного структурно-логического моделирования надежности и безопасности структурно-сложных технических систем различных видов, классов и назначения.
2. Общая структура базового образца программного комплекса автоматизированного структурно-логического моделирования и оценки надежности и безопасности технических систем.
3. Основные методические положения и рекомендации по применению технологии и ПК АСМ для оценки надежности и безопасности структурно-сложных технических систем на предприятиях.

Научная новизна. Впервые разработан полный и взаимосвязанный комплекс новых методов и методик многоуровневой реализации односвязной структурной декомпозиции, охватывающий все четыре основных этапа

технологии автоматизированного структурно-логического моделирования систем (АСМ). Этот комплекс методов и методик включает в себя:

1. Три новые малоразмерные формы представления и методики получения декомпозированных логико-вероятностных моделей ССТС:
 - методику построения составных схем функциональной целостности (ССФЦ), которая позволяет применять в технологии АСМ как традиционный прямой, так новый обратный способ декомпозиции, позволяющий не строить в явном виде исходной высокоразмерной СФЦ системы;
 - методику построения на основе ССФЦ малоразмерных составных логических функций работоспособности (СФРС), которая, в отличие от существующей двухуровневой, позволяет автоматизировать процесс многоуровневой логической декомпозиции высокоразмерных систем;
 - методику построения на основе СФРС малоразмерного составного многочлена вероятностной функции (СВФ), которая, в отличие от существующей двухуровневой, позволяет автоматизировать процесс многоуровневой вероятностной декомпозиции высокоразмерных систем.
2. Два метода обратного преобразования составных форм логических и вероятностных функций в явные (полные) формы их представления, которые не были разработаны в основных положениях односвязной структурной декомпозиции технологии АСМ.
3. Метод последовательной многоуровневой подстановки (ПМП) и пять методик его применения, которые, в отличие от известных методов, позволяют на основе многочлена СВФ вычислять не только статические, но все основные виды вероятностно-временных показателей надежности и безопасности невосстанавливаемых и восстанавливаемых ССТС.
4. Специальную методику, которая впервые позволяет в технологии АСМ на основе ФРС и СФРС любого вида строить математические модели и вычислять показатели ожидаемого ущерба от аварии на опасном производственном объекте. В этой методике разработаны два способа представления сценариев развития аварии на опасном производственном объекте – с помощью СФЦ с инверсными связями и с помощью СФЦ с группами несовместных событий.

Особенностью данного исследования является алгоритмический уровень разработки всех новых методов и методик построения моделей и выполнения расчетов, что обеспечивает возможность их прямого использования при создании программных комплексов автоматизированного моделирования надежности и безопасности структурно-сложных технических систем.

Практическая ценность работы заключается в том, что полученные научные результаты диссертационного исследования могут непосредственно использоваться при создании программных комплексов автоматизированного

структурно-логического моделирования и разработке различных методик их применения на предприятиях для оценки надежности и безопасности систем большой размерности и высокой структурной сложности.

Реализация результатов работы. Основные результаты данного исследования реализованы:

- в первом отечественном промышленном образце программного комплекса автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности ССТС, разработанном в ОАО "СПК СЗМА" (ПК АСМ СЗМА);
- в "Методических рекомендациях по автоматизированному структурно-логическому моделированию и расчету надежности и безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами и оборудованием на стадии проектирования", утвержденных Ассоциацией "Монтажавтоматика" Госстроя России и разрешенных Госгортехнадзором РФ для опытного апробирования при проектировании автоматизированных систем управления технологическими процессами опасных производственных объектов.

Апробация работы осуществлена на трех Международных научно-практических конференциях: "Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах", "Микропроцессорные, аналоговые и цифровые системы", "Моделирование. Теория, методы и средства", двух заседаниях Международной научной школы "Моделирование и анализ безопасности, риска в сложных системах" и двух межведомственных семинарах в ОАО "СПИК СЗМА" и СПИИРАН.

Публикации. Результаты диссертации опубликованы в пяти печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из Введения, трех глав и Заключения. Объем диссертации составляет 156 страниц основного текста, в том числе 38 рисунков, 4 таблицы и 4 примера решения задач. Библиография содержит 95 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы главная и частные научные и практические задачи.

В первой главе определены основные особенности структурно-сложной технической системы (ССТС) как объекта моделирования и расчета надежности и безопасности.

На основе выполненного в работе теоретического и экспериментального сравнительного анализа возможностей трех существующих технологий автоматизированного моделирования (основанных на классических логико-вероятностных методах, методах

деревьев отказов и событий и общего логико-вероятностного метода) сделан обоснованный выбор отечественной технологии автоматизированного структурно-логического моделирования (АСМ) для оценки надежности и безопасности ССТС.

Выполнена общая постановка частных научных и практических задач диссертации, решение которых позволяет снять ряд ограничений и недостатков технологии и ПК АСМ и обеспечить возможность их практического использования на предприятиях.

Во второй главе диссертации выполнена разработка комплекса методов и методик реализации положений односвязной структурной декомпозиции ССТС большой размерности в технологии автоматизированного структурно-логического моделирования.

Идея декомпозиции давно и успешно применяется в технологиях блок-схем и деревьев отказов и событий. Однако ее реализация в технологии АСМ до настоящего времени не была осуществлена в полном объеме. Исследования показали, что основными причинами этого явились:

- более высокая сложность реализации положений односвязной декомпозиции в технологии АСМ, обусловленная необходимостью сохранения преимуществ логической универсальности ОЛВМ системного анализа;
- необходимость разработки взаимосвязанного комплекса методов и методик, позволяющих реализовать положения односвязной структурной декомпозиции на всех основных этапах технологии АСМ (постановки задач, построения логической и вероятностной моделей и выполнения расчетов);
- требование алгоритмического уровня формализации разрабатываемых методов и методик односвязной структурной декомпозиции в технологии АСМ, обеспечивающего возможность их прямой реализации в программных комплексах автоматизированного моделирования и оценки надежности и безопасности ССТС.

Исследованы формы проявления проблемы размерности в общем логико-вероятностном методе (ОЛВМ), что позволило конкретизировать постановку задач реализации положений односвязной структурной декомпозиции на всех основных этапах технологии автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета показателей надежности и безопасности ССТС.

Для декомпозиции структуры исследуемой системы на этапе постановки задач в аппарат схем функциональной целостности (СФЦ) общего логико-вероятностного метода и технологии АСМ предложено ввести обозначения нового вида эквивалентированных вершин



Рис.1. Варианты обозначения эквивалентированных вершин

в декомпозированных СФЦ

С помощью эквивалентированных вершин в СФЦ представляются декомпозируемые подсистемы ССТС. При использовании эквивалентированных вершин вся декомпозируемая ССТС может быть представлена более компактной (малоразмерной) составной схемой функциональной целостности (ССФЦ).

На этой основе в диссертации сформулированы общие положения реализации односвязной структурной декомпозиции в технологии АСМ. Они состоят в следующем:

1. Односвязная структурная декомпозиция в ОЛВМ и технологии АСМ основывается на выделении из общей СФЦ S исследуемой системы таких фрагментов (подсистем) $Sl, l = 1, 2, \dots, L$, каждая из которых может быть заменена (представлена) в основной СФЦ S_0 одной эквивалентированной вершиной l (декомпозированным элементом);
2. Чтобы выделяемые из общей СФЦ S подсистемы $Sl, l = 1, 2, \dots, L$ могли быть декомпозированы, они должны быть неповторными фрагментами и структурно представлять явные или неявные двухполюсные подсистемы, т.е. связываться с другими элементами системы S только через две свои вершины, которые называют входным и выходным полюсами;
3. Показатели надежности и безопасности декомпозированных подсистем Sl определяются на основе их автономного моделирования и затем подставляются в качестве параметров соответствующих эквивалентированных элементов $l = 1, 2, \dots, L$, которые в вышестоящей по уровню вложенности подсистеме Sk представляют выделенные односвязные подсистемы ($Sl \in Sk$);
4. Уменьшение числа элементов в декомпозированных подсистемах $Sl, l = 1, 2, \dots, L$ и основной декомпозированной СФЦ S_0 позволяет сократить размерность процедур моделирования и расчетов всей исследуемой системы S в целом в 2^L и более раз.

Для реализации указанных положений односвязной структурной декомпозиции в диссертации разработан взаимосвязанный комплекс следующих методов и методик:

1. Методика построения составной схемы функциональной целостности (ССФЦ) исследуемой системы S

$$\tilde{N}\tilde{N}\hat{O}\tilde{N} \Rightarrow \tilde{N}\tilde{N}\hat{O}\tilde{O} = \{Sl, l = 1, 2, \dots, L\}, \{Sk, k = 1, 2, \dots, K\}, \dots, S_0 \equiv S.$$

Предложенная методика построения декомпозированных СФЦ с помощью эквивалентированных вершин позволяет реализовать как традиционный прямой, так и новый обратный подход к разработке ССФЦ. В отличие от прямого, обратный подход не требует построения общей высокоразмерной СФЦ исследуемой системы, что в большей

степени соответствует отдельной (блочной) технологии исследования, проектирования и эксплуатации ССТС на предприятиях.

В качестве примера на рис.2 приведена полная, а на рис.3 - составная (декомпозированная) СФЦ подсистемы АСУ.

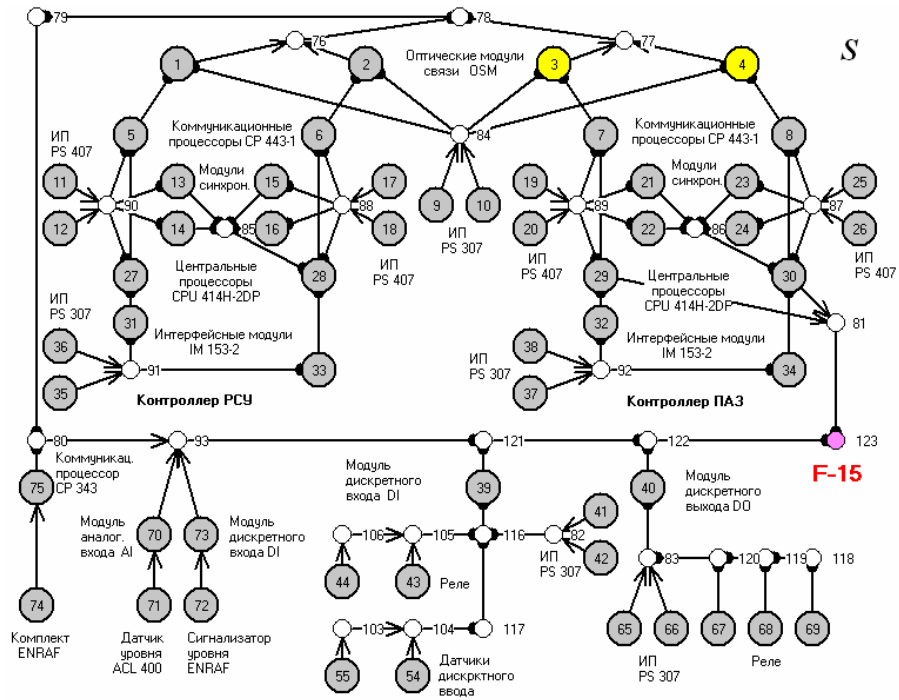


Рис.2. Полная (недекомпозированная) СФЦ АСУ

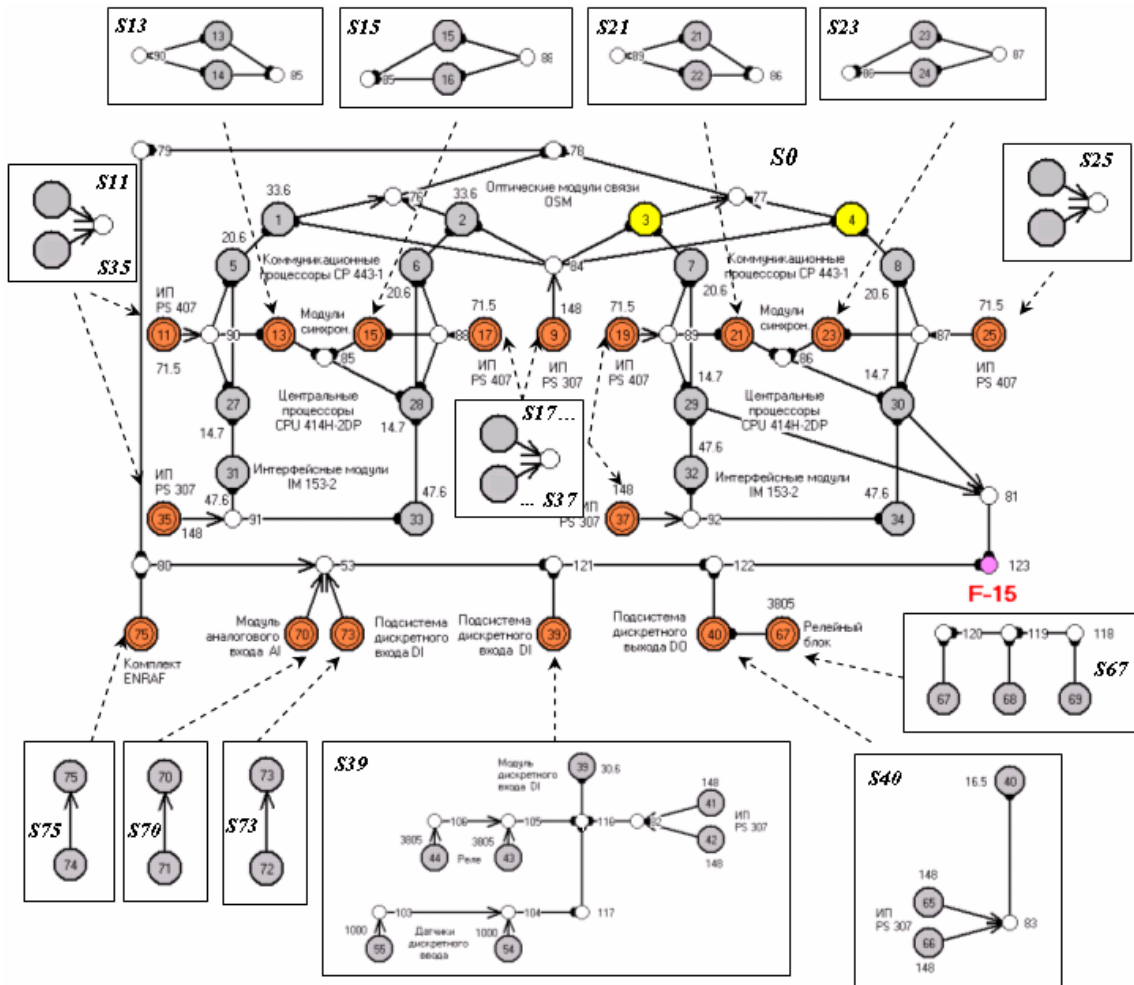


Рис.3. Составная (декомпозированная) СФЦ АСУ

2. Методика построения составной логической функции работоспособности (СФРС)

$$\{S_l, l = 1, 2, \dots, L\}, \{S_k, k = 1, 2, \dots, K\}, \dots, S_0 \Rightarrow Y_{S_1}, Y_{S_2}, \dots, Y_{S_l}, \dots, Y_{S_k}, \dots, Y_{S_0} \equiv Y_S.$$

Методика ориентирована на используемые в технологии АСМ универсальные графоаналитические методы решения систем логических уравнений, реализованные в ПК АСМ.

3. Метод обратного преобразования СФРС в явную (полную) логическую ФРС

$$Y_{S_1}, Y_{S_2}, \dots, Y_{S_l}, \dots, Y_{S_k}, Y_{S_0} \Rightarrow Y_{S_0}(\{\tilde{x}_i\}, i = 1, 2, \dots, H) \equiv Y_S.$$

4. Методика преобразования СФРС в многочлен составной вероятностной функции (СВФ)

$$Y_{S_1}, Y_{S_2}, \dots, Y_{S_l}, \dots, Y_{S_k}, \dots, Y_{S_0} \Rightarrow P_{S_1}, P_{S_2}, \dots, P_{S_l}, \dots, P_{S_k}, \dots, P_{S_0} \equiv P_S.$$

Методика ориентирована на используемый в технологии АСМ комбинированный метод преобразования ФРС в ВФ.

5. Метод преобразования СВФ в явный (полный) многочлен ВФ

$$P_{S_1}, P_{S_2}, \dots, P_{S_l}, \dots, P_{S_k}, \dots, P_{S_0} \Rightarrow P_S(\{p_i, q_i\}, i = 1, 2, \dots, H) \equiv P_S.$$

6. Метод последовательной многоуровневой подстановки (ПМП) для выполнения расчетов показателей надежности и безопасности ССТС на основе СВФ. Основу метода ПМП определяют следующие положения:
- составляющие многочлены $P_{S_1}, P_{S_2}, \dots, P_{S_L}, \dots, P_{S_k}, \dots, P_{S_0}$ исходной СВФ упорядочиваются по уровням вложенности соответствующих декомпозированных подсистем $Sl \in Sk \in \dots \in S_0$ исследуемой ССТС;
 - на основе составных многочленов ВФ P_{S_k} подсистем Sk вышестоящих уровней декомпозиции (содержащих эквивалентированные вершины l вложенных подсистем $Sl \in Sk$) вычисляются значения соответствующих системных вероятностных характеристик P_{S_k} . При этом, в качестве параметров эквивалентированных вершин l используются числовые характеристики P_{S_l} , вычисленные на предыдущих этапах метода последовательной многоуровневой подстановки;
 - указанные расчеты показателей P_{S_k} выполняются последовательно, т.е. в порядке возрастания уровней вложенности декомпозированных подсистем, до $Sk \in S_0$ включительно;
 - характеристика P_{S_0} , вычисленная на уровне основной (главной) ССФЦ S_0 , является искомым показателем $P_S = P_{S_0}$ надежности или безопасности исследуемой ССТС в целом;
 - учет особенностей расчетов различных видов показателей надежности и безопасности ССТС осуществляется на основе соответствующих методик применения метода последовательной многоуровневой подстановки (ПМП).
7. Методики применения метода ПМП для расчета следующих показателей надежности и безопасности ССТС:
- статических вероятностных характеристик надежности и безопасности $P_S = P_{S_0}$;
 - вероятности безотказной работы невосстанавливаемой ССТС $P_S(t) = P_{S_0}(t)$;
 - приближенной оценки средней наработки до отказа $T_{OS} \approx T_{OS_0}$;
 - коэффициента готовности $K\Gamma_S = K\Gamma_{S_0}$ и приближенных оценок средней наработки на отказ $T_{OBS} \approx T_{OBS_0}$, среднего времени восстановления $T_{BS} \approx T_{BS_0}$ и вероятности безотказной работы $P_{BS}(t) \approx P_{BS_0}(t)$ восстанавливаемой ССТС;
 - значимости элементов ССТС $\xi_i^{Sk} = \xi_{Sl}^{Sk} \times \xi_i^{Sl}$, $i \in Sl$, $Sl \in Sk$.

Результаты автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности АСУ, выполненные на основе полной (см. рис.2) и составной (см. рис.3) СФЦ, приведены в табл.1.

Показатели	Традиционные методы АСМ	Разработанные методы односвязной декомпозиции
Размер логической ФРС	4992 конъюнкции	8 конъюнкций
Размер многочлена ВФ	52160 одночленов	15 одночленов
Вероятность безотказной работы	0.899973466889	0.899973466889
Средняя наработка до отказа	5.344 года	4.965 года
Время моделирования и расчетов	около 11 минут	менее 1 секунды

Существенное сокращение размерности формируемых математических моделей и общего времени решения задачи на основе СФРС с сохранением точности вычислений основных показателей подтверждает высокую эффективность разработанного комплекса методов и методик реализации положений односвязной структурной декомпозиции в технологии АСМ.

Все предложенные методы и методики имеют алгоритмический уровень разработки, что позволило осуществить их непосредственную реализацию в программном комплексе автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности ССТС большой размерности.

В третьей главе представлена практическая реализация научных результатов диссертации. Разработана общая структура базового образца программного комплекса автоматизированного структурно-логического моделирования ССТС, схема которого приведена на рис.4.

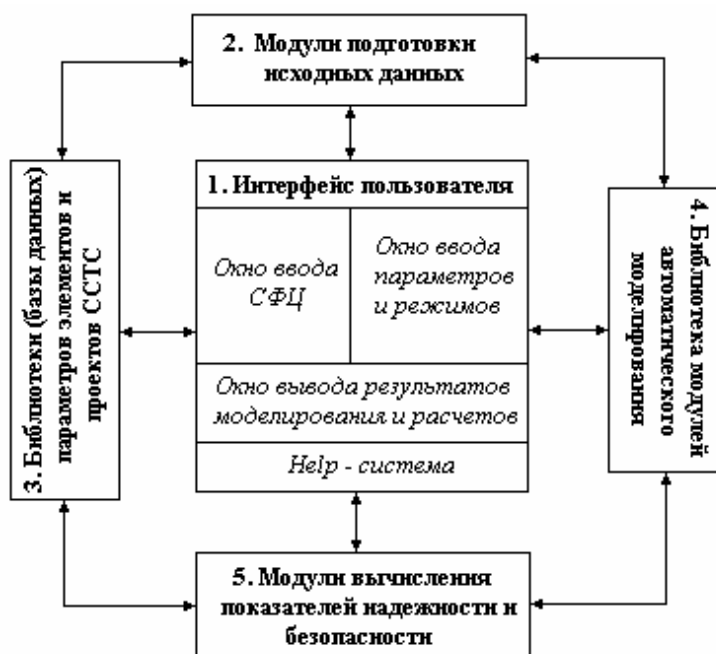


Рис.4. Обобщенная структура ПК АСМ ССТС

На этой схеме выделено пять групп программных модулей, к каждой из которых в диссертации выработаны требования к разработке и программной реализации. Главные из них следующие:

- основное назначение интерфейса пользователя (см. рис.4 блок 1) состоит в создании удобной интерактивной среды, позволяющей пользователю эффективно выполнять все виды работ по графическому вводу ССФЦ, заданию критериев функционирования системы, параметров элементов, и общей организации автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности и/или безопасности исследуемых ССТС;
- программные модули блока 2 предназначены для автоматизации процессов подготовки, ввода, хранения и преобразования исходных данных, необходимых для автоматизированного моделирования и расчетов надежности и безопасности ССТС. К ним относятся процессы машинного представления ССФЦ исследуемой ССТС, логических критериев, параметров элементов, реализации заданных режимов моделирования и расчетов, объемов информации выводимой на экран дисплея и сохраняемых в файлах результатов;
- модули блока 3 предназначены для организации работы специальных баз данных, с помощью которых хранится, преобразуется и используется информация, необходимая для всех видов работ по оценке надежности и безопасности ССТС на различных стадиях их разработки и эксплуатации. Предполагается организация двух видов баз данных – параметров элементов и проектов ССТС;
- модули блока 4 представляют библиотеку ЛОГ&ВФ программ автоматического построения математических моделей, используемых для детерминированного и вероятностного анализа надежности и безопасности исследуемых ССТС;
- модули блока 5 предназначены для выполнения расчетов показателей надежности и безопасности функционирования исследуемых ССТС на основе автоматически сформированных составных или полных многочленов вероятностных функций.

Структура, требования к программным модулям и разработанные в диссертации методы и методики односвязной структурной декомпозиции были реализованы в первом отечественном промышленном образце программного комплекса автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности ССТС, разработанном в ОАО "СПИК СЗМА" (ПК АСМ СЗМА). Основное окно интерфейса пользователя ПК АСМ СЗМА изображено на рис.5.

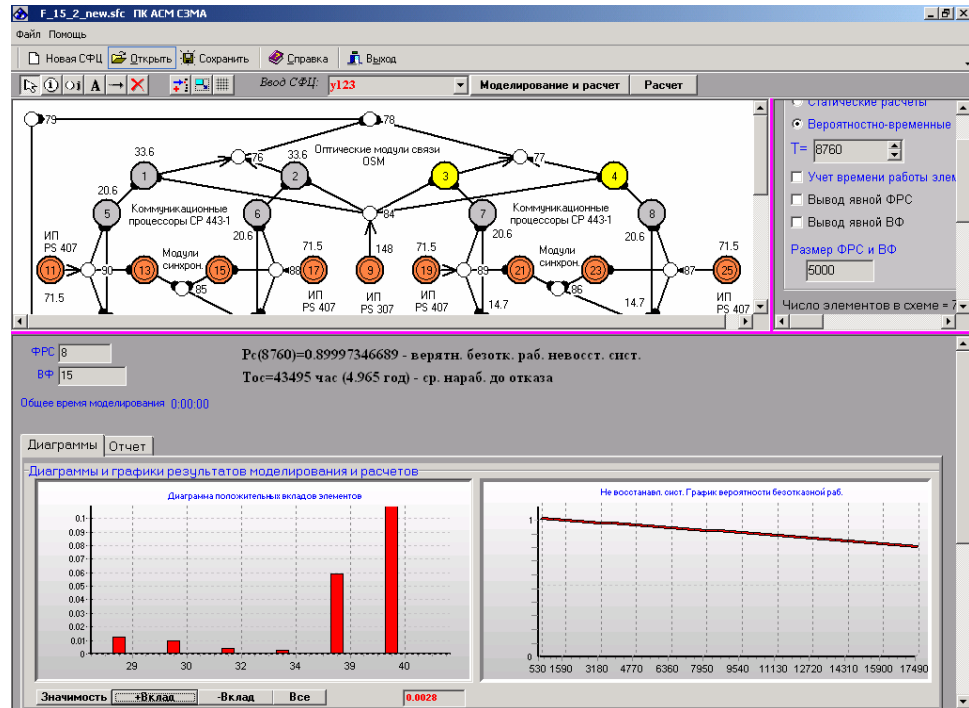


Рис.5. Основное окно интерфейса пользователя ПК АСМ СЗМА

Данные, приведенные на этом рисунке, представляют результаты решения с помощью ПК АСМ СЗМА ранее рассмотренного примера автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности АСУ на основе ее составной (декомпозированной) СФЦ, изображенной на рис.3.

Дальнейшим практическим развитием полученных в диссертации научных результатов стала разработка специальной методики автоматизированного логико-вероятностного моделирования и расчета комплексного показателя риска, который в РД 03-418-01 "Методические указания для проведения анализа риска опасных производственных объектов" Госгортехнадзора России назван "ожидаемым ущербом" от аварии опасного производственного объекта (ОПО). Структура этой методики приведена на рис.6.

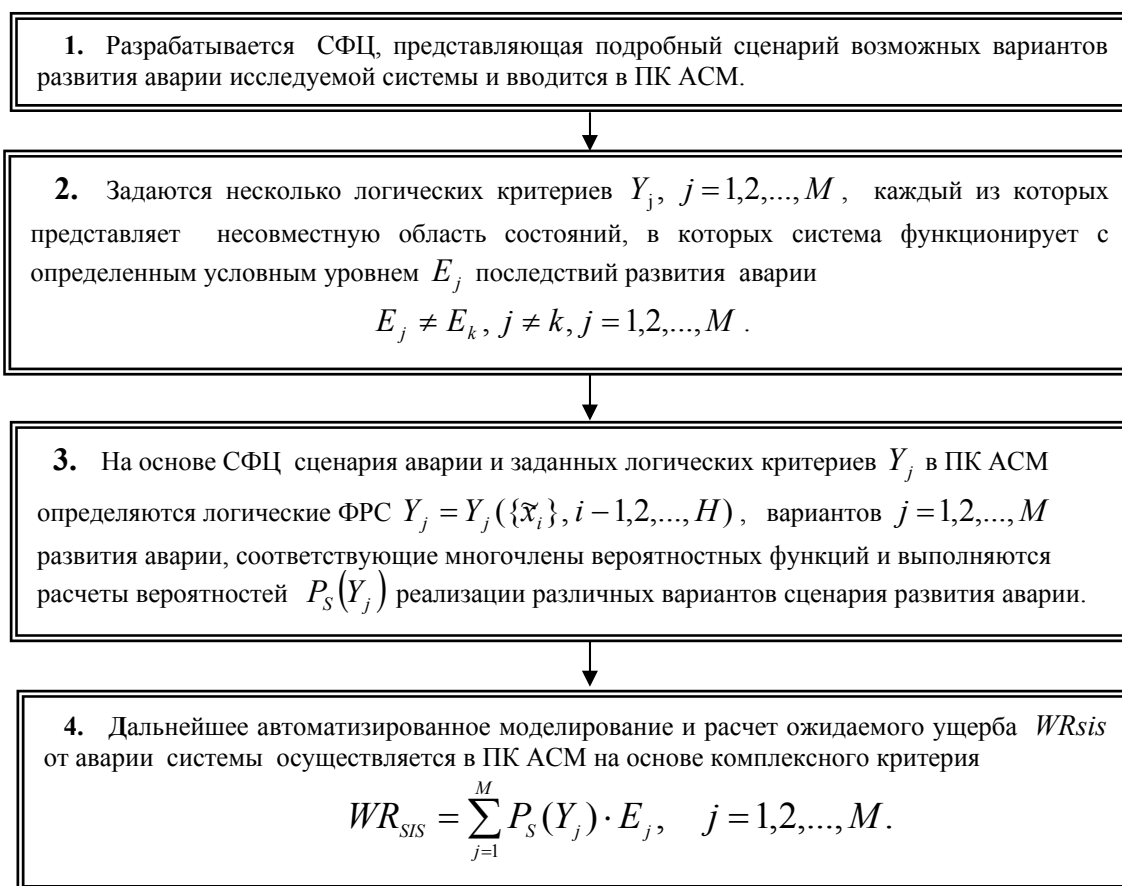


Рис.6. Содержание основных этапов методики автоматизированного моделирования и расчета ожидаемого ущерба от аварии на ОПО

В качестве примера применения данной методики выполнена оценка ожидаемого ущерба от аварии на установке первичной переработки нефти. Исходное дерево событий развития аварии данного примера приведено в РД 03-418-01 и изображено на рис.7. С помощью этого дерева событий представлены 8 возможных несовместных вариантов развития аварии "выброса нефти", которые сгруппированы по трем уровням возможных последствий (ущерба) от аварии, заданных в условных единицах.

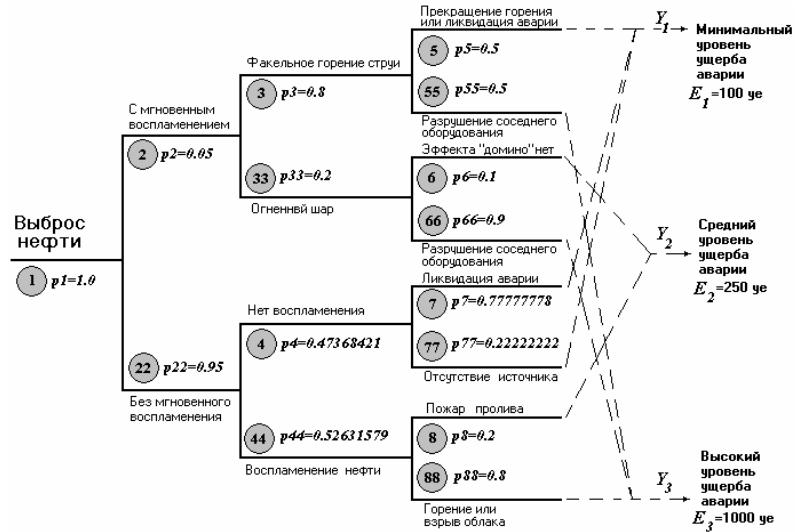


Рис.7. Дерево событий аварии на установке первичной переработки нефти

Для построения СФЦ, соответствующей данному дереву событий развития аварии, в разработанной методике предложено использовать аппарат групп несовместных событий ОЛВМ. Построенная на этой основе СФЦ рассматриваемого дерева событий аварии установки первичной переработки нефти изображена на рис.8.

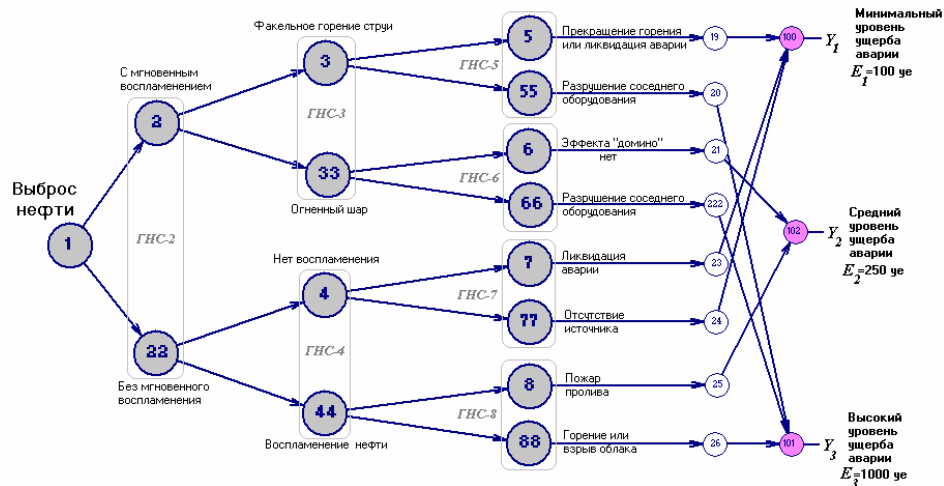


Рис.8. СФЦ дерева событий развития аварии на установке первичной переработки нефти

В результате решения этой задачи на основе разработанной методике по критерию

$$WR_{SIS} = E_1 * P_C \{Y_1\} + E_2 * P_C \{Y_2\} + E_3 * P_C \{Y_3\} = E_1 * P_C \{y100\} + E_2 * P_C \{y102\} + E_3 * P_C \{y101\}.$$

получены следующие результаты автоматизированного моделирования и расчетов ожидаемого ущерба.

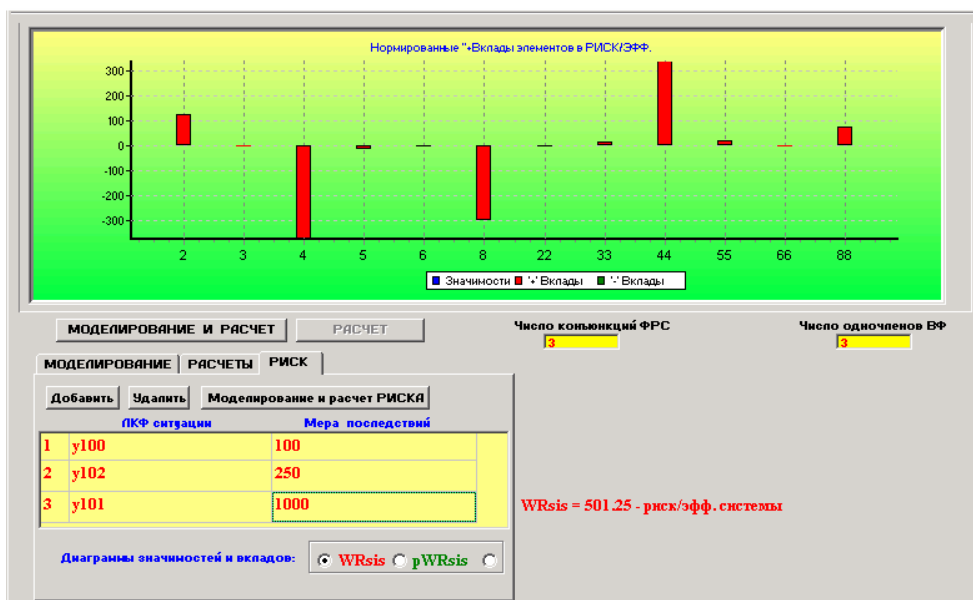


Рис.9. Результаты моделирования и расчетов ожидаемого ущерба на установке первичной переработки нефти

Как видно из примера, разработанная методика позволяет рассчитывать величину ожидаемого ущерба и определять значения вкладов каждого элемента по данному показателю, т.е. количественно оценивать степень их опасности в развитии аварии.

Разработка методов и программных средств автоматизированного моделирования и вероятностного анализа структурно-сложных систем сама по себе не решает проблемы оценки надежности и безопасности ССТС. Необходимым условием этого является решение методических и организационных вопросов эффективного применения новой информационной технологии и программных комплексов на предприятиях, занимающихся разработкой и эксплуатацией ССТС различных видов, классов и назначения. С этой целью в рамках настоящего исследования разработаны общие методические положения (методические рекомендации) по моделированию и расчету показателей надежности и безопасности ССТС на предприятиях. МР содержат следующие основные разделы и положения:

1. Общие положения, в которых определяются назначение, условия применения и содержание методических рекомендаций.
2. Руководящие и нормативные документы, на основе и в соответствии с которыми разработаны методические рекомендации.
3. Цели и задачи методических рекомендаций.
4. Общая характеристика технологии автоматизированного структурно-логического моделирования.
5. Порядок применения технологии и ПК АСМ в организациях и на предприятиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации изложены научно обоснованные технологические разработки вопросов, связанных с решением задачи создания комплекса методов и методик автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности и безопасности технических систем большой размерности и высокой структурной сложности, которые включают в себя следующие основные положения:

1. Определены основные особенности структурно-сложных технических систем различного назначения как объектов автоматизированного моделирования и оценки надежности и безопасности на стадиях исследования, проектирования и эксплуатации.
2. Обоснован выбор технологии автоматизированного структурно-логического моделирования в качестве исходной базы для разработки комплекса методов и методик автоматизированного моделирования и расчета надежности и безопасности ССТС.
3. Выделены ограничения существующего уровня разработки теории, технологии и ПК АСМ, главными из которых являются проблема размерности и отсутствие методических разработок вопросов создания ПК и применения технологии АСМ в промышленности.
4. Исследованы формы проявления проблемы размерности и разработан комплекс методов и методик реализации положений односвязной структурной декомпозиции на всех основных этапах технологии АСМ и расчета показателей надежности и безопасности ССТС.
5. Разработана специальная методика моделирования и расчета в технологии АСМ комплексного показателя риска функционирования опасных производственных объектов (ожидаемого ущерба), основанная на способе использования аппарата групп несовместных событий при построении СФЦ сценариев развития аварий, представляемых деревьями событий.
6. Разработана общая структура и сформулированы требования к основным подсистемам специализированного ПК АСМ и расчета надежности и безопасности технических систем большой размерности.
7. Разработаны общие положения методических рекомендаций по применению технологии и программных комплексов АСМ надежности и безопасности ССТС в организациях и на предприятиях промышленности.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Нозик А.А., Мусаев А.А. Математическая постановка компьютерного моделирования задач оптимизации функциональной надежности автоматизированных систем управления. // Материалы III Международной научно-практической конференции: "Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах". Новочеркасск: ООО НПО "ТЕМП", 2001. -Ч. 1., С.4-10.

2. Нозик А.А. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования в проектных расчетах надежности систем. // Труды второй международной научной школы "Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах". МА БР - 2002. СПб.: Издательство "Бизнес-Пресса, 2002, С.337-344.
3. Нозик А.А. Методы проектного расчета надежности автоматизированных систем управления технологическими процессами. // Труды II международной научно-практической конференции. Часть I. "Микропроцессорные, аналоговые и цифровые системы: проектирование и системотехника, теория и вопросы применения". Новочеркасск: НПИ, 2002, С.33-45.
4. Нозик А.А. Методические основы оценки надежности автоматизированных систем управления технологическими процессами на стадии проектирования// Труды третьей Международной Научной Школы 'Моделирование и анализ безопасности, риска в сложных системах' (МА БР – 2003). СПб.: Издательство СПбГУАП, 2003, С.417-423.
5. Нозик А.А., Можяев А.С., Потапычев С.Н., Скворцов М.С. Программный комплекс автоматизированного моделирования и расчета надежности и безопасности АСУТП на стадии проектирования. // Моделирование. Теория, методы и средства. Материалы III Международной научно-практической конференции. Часть 1. Новочеркасск: НПИ, 2003, С.28-35.