

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС "АРБИТР" ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ

"Специализированная инжиниринговая компания "Севзвпмонтажавтоматика"

Аннотация. Приведены основные характеристики программы АРБИТР, организация ее разработки в ОАО "СПИК СЗМА", результаты экспертизы в Совете по аттестации программных средств при Ростехнадзоре РФ, опыт практического применения и направления дальнейшего развития.

Приказом № 265 от 20.11.2001 г. Государственного комитета Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России), в качестве одной из основных задач определено решение проблем надежности, безопасности и качества работ, выполняемых по основному профилю деятельности АО "Ассоциация "Монтажавтоматика". Важным направлением решения этой задачи является разработка программных средств моделирования и расчета надежности и безопасности сложных системных объектов различных видов классов и назначения. В ОАО "СПИК СЗМА" с 2001 года проводятся работы, в результате которых создано программное средство АРБИТР – "Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем (ПК АСМ СЗМА), базовая версия 1.0".

Комплекс АРБИТР предназначен для автоматизированного моделирования и расчета показателей надежности и безопасности (технического риска) структурно-сложных систем, включая объекты использования атомной энергии (ОИАЭ) и другие опасные производственные объекты (ОПО). В ОАО "СПИК СЗМА" накоплен опыт практического применения АРБИТР при разработке АСУТП объектов нефтехимической промышленности. Разработан руководящий документ "Автоматизированные системы управления. Надежность и безопасность. Автоматизированное структурно-логическое моделирование и расчет надежности и безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами на стадии проектирования. Методические рекомендации". Методические рекомендации утверждены АО "Ассоциация "Монтажавтоматика" и разрешены Госгортехнадзором РФ (ныне - "РОСТЕХНАДЗОР") для опытного апробирования при проектировании АСУ ТП опасных производственных объектов.

На комплекс АРБИТР (ПК АСМ СЗМА) получено свидетельство №2003611101 от 12 мая 2003 года об официальной регистрации в РОСПАТЕНТ РФ.

В период 2005-2006 года комплекс АРБИТР проходил процедуру официальной аттестации в Совете по аттестации программных средств НТЦ ЯРБ РОСТЕХНАДЗОРа РФ. В работе по аттестации приняли участие эксперты из ведущих проектных организаций: СПБАЭП, ВНИИАЭС, АЭП, НТЦ ЯРБ (Москва) и ОКБМ им. И.И.Африкантова (Нижний Новгород). В Отчете о верификации, разработанном заявителем (ОАО "СПИК СЗМА"), были представлены экспертам 10 расчетно-аналитических Тестов, состоящих из 42 примеров, включающих 184 различные задачи. Тесты представляли следующие классы задач, которые может решать АРБИТР:

- вероятностный анализ надежности и возникновения аварийных ситуаций и аварий опасных объектов (Тест №1, 12 задач);
- надежность систем с множественными циклическими (мостиковыми) связями (Тест № 2, Тест №10, 20 задач);
- моделирование и расчет надежности фрагментов ядерных энергетических установок (Тест №3, 9 задач);
- расчет вероятностей вариантов сценария развития аварии (Тест №4, 6 задач);

- вероятностный анализ безопасности систем на основе деревьев отказов (Тест №5, Тест №3, Тест №10, 9 задач);
- типовые и нетиповые модели отказов по общей причине (Тест №6, Тест №7, 68 задач);
- модели надежности комбинаторных подсистем (Тест №8, Тест №4, 14 задач);
- моделирование систем большой размерности (Тест №9, Тест №10, 64 задачи).

В ходе аттестации было выдано задание на решение пяти Контрольных примеров "Моделирования и анализа систем безопасности и ядерной установки при выполнении вероятностного анализа безопасности" (5 примеров, 20 задач). При выполнении этого задания с помощью АРБИТР были получены и представлены экспертам три вида решений Контрольных примеров:

- приближенные решения всех пяти Контрольных примеров по методике аттестованного программного средства (ПС) CRISS 4.0 (совпали с заданием около 2000 сопоставляемых показателей);
- приближенные решения всех пяти Контрольных примеров по методике ПС Sapphire-7 (совпали более 2000 сопоставляемых показателей);
- дополнительно, с помощью АРБИТР, впервые были выполнены точные расчеты вероятностей вершинных событий деревьев отказов для трех выданных Контрольных примеров (модели с независимыми отказами элементов).

Контроль правильности решений Тестовых и Контрольных задач, полученных с помощью ПС АРБИТР, осуществлялся экспертами в соответствии с требованиями Положения об аттестации программных средств (РД-03-17-2001) путем сопоставления:

- с аналитическими решениями задач;
- с решениями, приведенными в литературных источниках;
- с решениями, полученными с помощью ранее аттестованных программных средств Risk Spectrum (Швеция) и CRISS 4.0 (РФ);
- с решениями, полученными с помощью программного комплекса Sapphire-7, имеющего лицензию Комиссии ядерного регулирования США;
- с решениями, полученными с помощью программного комплекса RELEX (США), широко используемого во многих странах мира.

В ходе аттестации у экспертов не было ни одного замечания по правильности решений с помощью ПС АРБИТР всех 204 задач расчетно-аналитических Тестов и Контрольных примеров.

На основании результатов экспертизы, проведенной Советом по аттестации ПС НТЦ ЯРБ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ (РОСТЕХНАДЗОР), на программное средство АРБИТР (ПК АСМ СЗМА), базовая версия 1.0, выдан Аттестационный паспорт № 222 от 21 февраля 2007 г. Комплекс аттестован на срок 10 лет и разрешен к применению на предприятиях РОСТЕХНАДЗОРа РФ.

Теоретической основой комплекса АРБИТР является общий логико-вероятностный метод системного анализа и новая информационная технология автоматизированного структурно-логического моделирования систем.

Общая методика практического применения комплекса АРБИТР характеризуется следующими основными этапами.

1. На первом этапе пользователь осуществляет постановку задачи анализа надежности или безопасности системы, которая включает в себя:
 - построение структурной модели исследуемого свойства системы в виде, например, функциональной схемы, блок-схемы, графа связности, дерева отказов, дерева событий;

- представление структурной модели в форме специальной схемы функциональной целостности (СФЦ);
 - определение значений параметров надежности элементов исследуемой системы;
 - задание одного или нескольких логических критериев, определяющих условия реализации исследуемых свойств надежности или безопасности системы.
2. На втором этапе осуществляется ввод подготовленных исходных данных в АРБИТР, выполняется автоматическое построение математических моделей и вычисление вероятностных показателей исследуемых свойств надежности и/или безопасности исследуемой системы. На этом этапе АРБИТР обеспечивает:
- представление в исходной СФЦ (суперграфе) до 400 элементов (вершин) и до 100 элементов в каждой декомпозированной вершине (подграфе) основного графа исследуемой системы (т.е. можно ввести до 40 000 вершин);
 - автоматическое построение логических функций, представляющих пути функционирования, сечения отказов или их немонотонные комбинации (детерминированные модели исследуемых свойств системы);
 - автоматическое построение вероятностных функций, обеспечивающих точный расчет показателей надежности, безопасности и технического риска исследуемых систем;
 - расчет вероятности реализации заданных критериев безотказности, отказа, живучести, безопасности, технического риска функционирования системы или ее подсистем;
 - расчет вероятности безотказной работы или отказа и средние наработки до отказа невосстанавливаемых систем;
 - расчет коэффициента готовности/неготовности, средней наработки на отказ, среднего времени восстановления и вероятности безотказной работы/отказа восстанавливаемой системы;
 - расчет вероятности готовности смешанной системы, состоящей из восстанавливаемых и невосстанавливаемых элементов;
 - расчет значимостей, положительных и отрицательных вкладов всех элементов системы в вероятность реализации исследуемого свойства надежности или безопасности;
 - приближенный расчет вероятностных показателей (без построения вероятностной функции), с отсечкой или без отсечки малозначимых путей и сечений;
 - расчет вероятности реализации отдельных КПУФ или МСО системы;
 - расчет значимости и суммарной значимости сечений отказов по Fussell-Vesely;
 - расчет значимости, коэффициентов уменьшения и увеличения риска элементов по Fussell-Vesely;
 - приближенный расчет вероятностных характеристик системы с учетом трех типов отказов элементов: отказ на требование, отказ в режиме работы и скрытый отказ в режиме ожидания (по методике, реализованной в ПС CRISS 4.0);
 - структурный и автоматический учет отказов групп элементов по общей причине (модели альфа-фактора, бета-фактора и множественных греческих букв);
 - учет различных видов зависимостей и множественных состояний элементов, представляемых с помощью групп несовместных событий (ГНС);
 - учет двухуровневой декомпозиции структурной схемы, дизъюнктивных и конъюнктивных кратностей сложных элементов (подсистем);

- учет неограниченного числа циклических (мостиковых) связей между элементами и подсистемами;
 - учет различных комбинаторных отношений (K из N) между группами элементов и подсистем.
3. На третьем этапе общей методики применения АРБИТР, полученные результаты автоматизированного моделирования и расчетов используются для выработки и обоснования управленческих решений в области обеспечения надежности, безопасности и технического риска исследуемых систем, а также подготовки отчетной документации.

Эксплуатация программного комплекса АРБИТР осуществляется рядом организаций, имеющим право на его применение, в том числе:

- ОАО "СПИК СЗМА", Санкт-Петербург, разработчик ПС АРБИТР; с помощью ПС АРБИТР выполнены проектные расчеты надежности АСУТП опасных производственных объектов: ООО "Киришинефтеоргсинтез" (6 проектов); ООО НПО "МИР" (1 проект); ООО "Мозырский НПЗ", Республика Беларусь (4 проекта); ОАО "Казаньоргсинтез", Республика Татарстан (2 проекта), ООО "ПРАЙМ ГРУП" (1 проект) .
- "Межотраслевой экспертно-сертификационный, научно-технический и контрольный центр ядерной и радиационной безопасности" (РЭСцентр), Санкт-Петербург, выполнено 13 проектов по расчету показателей надежности, остаточного ресурса и рисков объектов использования атомной энергии ФГУП "ПО Северное машиностроительное предприятие", г. Северодвинск.
- ЗАО "Компания СЗМА", Санкт-Петербург, выполнен расчет надежности Автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электрической энергии (АИС КУЭ) ФГУП "Петербургский метрополитен".
- ОАО "Гипровостокнефть", г. Самара; выполняются работы по анализу надежности и безопасности систем объектов нефтехимической промышленности.

Стандарты и Руководящие документы, поддерживаемые АРБИТР:

1. ГОСТ 24.701-86. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1986, 17 с.
2. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996, 15 с.
3. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. // Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 3. Выпуск 10. М.: Госгортехнадзор России, НТЦ "Промышленная безопасность", 2001, 60 с.
4. ГОСТ Р 51901-2002 (МЭК 60300-3-9:1995). Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002, 22 с.
5. ГОСТ Р 51901.14-2005 (МЭК 61078:1991). Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности. М.: Стандартиформ, 2005, 18 с.
6. ГОСТ Р 51901.13-2005 (МЭК 61025:1990). Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. М.: Стандартиформ, 2005, 11 с.

В настоящее время ОАО "СПИК СЗМА" и группа компаний приступили к организации совместных работ по развитию и адаптации базовой версии АРБИТР к различным специальным предметным областям моделирования и анализа рисков опасных производственных объектов, объектов использования атомной энергии, финансовых рисков и обеспечения учебной и исследовательской деятельности вузов.